

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



Dissertação

**Adubação nitrogenada, época de colheita e armazenamento sobre a
qualidade dos grãos de dois híbridos de arroz**

Nataniele Barros Schaun
Engenheira Agrônoma

Pelotas, 2024

Nataniele Barros Schaun

**Adubação nitrogenada, época de colheita e armazenamento sobre a
qualidade dos grãos de dois híbridos de arroz**

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

Orientador: Prof. Dr. Nathan Levien Vanier

Coorientadora: Profa. Dra. Rosana Colussi

Pelotas, 2024

Catálogo

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catálogo da Publicação

S313a Schaun, Nataniele Barros

Adubação nitrogenada, época de colheita e armazenamento sobre a qualidade dos grãos de dois híbridos de arroz [recurso eletrônico] / Nataniele Barros Schaun ; Nathan Levien Vanier, orientador ; Rosana Colussi, coorientadora. — Pelotas, 2024.
85 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Híbridos de arroz. 2. Doses de nitrogênio. 3. Umidade de colheita. I. Vanier, Nathan Levien, orient. II. Colussi, Rosana, coorient. III. Título.

CDD 633.186

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Nataniele Barros Schaun

**Adubação nitrogenada, época de colheita e armazenamento sobre a
qualidade dos grãos de dois híbridos de arroz**

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: 01/03/2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier (Orientador), Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Filipe Selau Carlos, Doutor em Ciência do solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa, Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

DEDICATÓRIA

Ao meu filho, Pedro, que é a minha motivação de todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, primeiramente, por ter me dado forças para esta realização profissional;

Ao meu marido e meu filho, pelo apoio e paciência ao longo desta jornada;

À minha família, que sempre me incentivou a ir atrás dos meus sonhos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nathan Levien Vanier, pelos seus ensinamentos, por me permitir evoluir como pessoa e profissional e por todo o apoio nesta caminhada;

À minha coorientadora, Dra. Rosana Colussi por toda ajuda e aprendizado durante o meu mestrado;

Ao professor Dr. Moacir Cardoso Elias, pelos seus conselhos e ensinamentos valiosos;

À Estação Experimental Exacta Agriscience, por todo o suporte e cuidado com o meu experimento;

Às empresas Polisul e Puro Grão, pelo fornecimento do espaço para a realização das análises;

Aos bolsistas de iniciação científica do laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos. Em especial ao Leonardo, Stephane, Abner, Matheus, Carol e Emily por toda a ajuda;

Aos meus colegas Aline, Henrique, Janaína, Marcos, Miriã, Nelson, Patrick e Paulo, pela amizade ao longo destes dois anos;

À Isabela, por toda a ajuda na análise dos dados;

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento deste projeto;

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para minha formação.

OBRIGADA!

“Devemos acreditar que somos dotados de alguma coisa e que essa coisa deve ser alcançada a qualquer custo.”

Marie Curie

Resumo

SCHAUN, Nataniele. **Adubação nitrogenada, época de colheita e armazenamento sobre a qualidade dos grãos de dois híbridos de arroz**. 2024. 85 p. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

O arroz (*Oryza sativa* L.) tem importante papel para a nutrição humana por fornecer uma dieta rica em carboidratos, além de proteínas, sais minerais e vitaminas do complexo B. Diante do crescimento populacional, o aumento da demanda por alimentos será um dos grandes desafios futuros. Com isso, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas por profissionais e pesquisadores da área, como é o caso das cultivares híbridas de arroz. Essas cultivares apresentam como principal característica a alta produtividade, se comparadas com as cultivares convencionais. O manejo do nitrogênio, é uma prática amplamente utilizada nas lavouras de arroz, por ser considerado um nutriente limitante ao desenvolvimento da cultura e para a produtividade de grãos. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho avaliar a influência de diferentes doses de nitrogênio, da época de colheita e do tempo de armazenamento sobre propriedades físico-químicas e tecnológicas de duas cultivares híbridas de arroz: XP 123 e LD 522 CL. A dissertação foi dividida em dois estudos. No primeiro estudo foi avaliada a influência da adubação com diferentes doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg.ha⁻¹), e da época de colheita (umidades de 26 e 20%). Foram analisadas a altura das plantas, a produtividade, a composição proximal, o peso de mil grãos, o rendimento de inteiros, o perfil branquimétrico, a incidência de defeitos e as variáveis de textura, propriedades térmicas, de pasta e cristalinidade relativa. A produtividade aumentou na segunda colheita para a cultivar LD 522 CL. O rendimento de grãos inteiros foi maior na segunda colheita para ambas as cultivares. O teor de proteínas reduziu com o incremento da dose de N. O teor de amilose variou, sendo maior nas doses mais elevadas de N. A maior incidência de grãos opacos se deu no segundo momento de colheita, assim como, para a segunda colheita o perfil branquimétrico foi melhor para ambas as cultivares. O tempo de cocção foi menor para a cultivar XP 123 (em média 13 minutos) em comparação com a cultivar LD 522 CL (16 minutos). As propriedades térmicas e de pasta variaram entre as cultivares, e a cristalinidade relativa aumentou com o incremento da adubação de N. A análise de PCA demonstrou uma forte interação negativa entre amilose e o tempo de cocção. No segundo estudo, foram investigadas as mudanças no comportamento de cocção das cultivares ao longo do armazenamento, sendo analisados a cada 2 meses por 6 meses à 26°C. Foram analisados o rendimento de inteiros, tempo de cocção, rendimento gravimétrico e volumétrico, e solubilidade dos grãos após o cozimento. No geral, o rendimento de inteiros não foi influenciado pelo tempo de armazenamento. O tempo de cocção aumentou com o passar do tempo para ambas as cultivares. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico variaram entre as cultivares, apresentando uma diminuição aos 6 meses de armazenamento para a cultivar LD 522 CL. O tempo de armazenamento favoreceu o aumento da solubilidade para ambas as cultivares.

Palavras-chaves: Híbridos de arroz, doses de nitrogênio, umidade de colheita.

Abstract

SCHAUN, Nataniele. **Nitrogen fertilization, harvest time and storage on grain quality of two rice hybrids**. 2024. 85 p. Master's thesis – Postgraduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pelotas, 2024.

Rice (*Oryza sativa* L.) plays an important role in human nutrition by providing a diet rich in carbohydrates, as well as proteins, mineral salts, and B complex vitamins. Given population growth, the increase in demand for food will be one of the biggest future challenges. As a result, new technologies have been developed by professionals and researchers in the field, such as hybrid rice cultivars. These cultivars have high productivity as their main characteristic, compared to conventional cultivars. Nitrogen management is a practice widely used in rice crops, as it is considered a limiting nutrient for crop development and grain productivity. Given the above, the objective of this work was to evaluate the influence of different doses of nitrogen, harvest time, and storage time on the physical-chemical and technological properties of two hybrid rice cultivars: XP 123 and LD 522 CL. The dissertation was divided into two studies. In the first study, the influence of fertilization with different doses of nitrogen (0, 60, 120, and 180 kg.ha⁻¹) and harvest time (humidity of 26 and 20%) was evaluated. Plant height, productivity, proximal composition, thousand-grain weight, whole-grain yield, white profile, the incidence of defects and texture variables, thermal properties, paste properties, and relative crystallinity were analyzed. Productivity increased in the second harvest for the LD 522 CL cultivar. Whole grain yield was higher in the second harvest for both cultivars. The protein content was reduced with the increase in the N dose. The amylose content varied, being higher in the higher doses of N. The highest incidence of opaque grains occurred in the second harvest moment, as well as, for the second harvest, the white profile was better for both cultivars. The cooking time was shorter for the XP 123 cultivar (on average 13 minutes) compared to the LD 522 CL cultivar (16 minutes). Thermal and pasting properties varied between cultivars, and relative crystallinity increased with increasing N fertilization. PCA analysis demonstrated a strong negative interaction between amylose and cooking time. In the second study, changes in the cooking behavior of cultivars throughout storage were investigated, being analyzed every 2 months for 6 months at 26°C. The whole grain yield, cooking time, gravimetric and volumetric yield, and grain release after cooking were analyzed. Overall, integer re-yielding was not influenced by storage time. Cooking time increased over time for both cultivars. Gravimetric and volumetric yields varied between cultivars, showing a decrease after 6 months of storage for cultivar LD 522 CL. Storage time favored increased releaseability for both cultivars.

Keywords: Rice hybrids, Nitrogen doses, harvest humidity.

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura do grão de arroz.....	22
Figura 2 - Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b)	24
Figura 3 - Imagem da área experimental	29
Figura 4 – Temperaturas máxima e mínima (A), Radiação solar (B) e Precipitação (C) do local durante o período de condução do experimento.....	30
Figura 5 -Gráfico e equação de calibração do padrão de amilose.....	35
Figura 6 - Altura média das cultivares LD 522 CL e XP 123, em função das doses de nitrogênio, medidas no estágio reprodutivo R4	38
Figura 7 - Difração de raios X das cultivares XP 123 (A) e LD 522 CL (B) em resposta à diferentes doses de nitrogênio	54
Figura 8 - Gráfico de análise de componentes principais: relações entre as propriedades físico-químicas dos grãos (A) e elipses de confiança para doses (B), cultivar (C) e colheita (D)	55
Figura 9 - Análise de correlação de Pearson.....	57
Figura 10 - BOD (Biochemical Oxygen Demand)	63
Figura 11 - Amostras armazenadas.....	64
Figura 12 - Mudanças no comportamento de cocção das cultivares ao longo do armazenamento	72

Lista de Tabelas

Table 1: Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido	18
Table 2: Características agronômicas das cultivares.	31
Table 3: Influência da adubação nitrogenada e da umidade de colheita nas propriedades físico-químicas dos grãos das cultivares XP 123 e LD 522 CL... ..	31
Table 4: Peso de mil grãos, produtividade e rendimento de grãos inteiros submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas umidades de colheita	39
Table 5: Composição proximal dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas umidades de colheita	42
Table 6: Perfil texturométrico dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas épocas de colheita	44
Table 7: Percentual de grãos gessados, “barriga” e “barriginha branca” dos grãos submetidos à diferentes doses de N e duas umidades de colheita	46
Table 8: Perfil branquimétrico dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas épocas de colheita	48
Table 9: Comportamento na cocção dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas umidades de colheita	49
Table 10: Propriedades de pasta do arroz das cultivares XP 123 e LD 522CL em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	52
Table 11: Cristalinidade relativa das farinhas em resposta à diferentes doses de nitrogênio.....	54
Table 12: Resumo da significância da análise de variância das interações entre cultivar, dose e colheita	59
Table 13: Resumo da significância da análise de variância das interações entre cultivar, dose e colheita	60
Table 14: Alterações no comportamento na cocção dos híbridos XP 123 e LD 522 CL ao longo do armazenamento na temperatura de 26°C.	64
Table 15: Efeitos do tempo de armazenamento à 26 °C no rendimento de grãos inteiros e no comportamento de cocção da cultivar XP 123.....	67
Table 16: Efeitos do tempo de armazenamento à 26 °C no rendimento de grãos inteiros e no comportamento de cocção da cultivar LD 522 CL.....	70

Sumário

1 Introdução	14
2 Hipóteses	16
3 Objetivos	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos.....	17
4 Revisão bibliográfica	17
4.1 A cultura do arroz	17
4.2 Tecnologia genética: híbridos de arroz.....	20
4.3 Estrutura e composição nutricional dos grãos de arroz.....	21
4.4 Nitrogênio	25
5 Estudo 1: Influência da adubação nitrogenada e da época de colheita nas cultivares XP 123 e LD 522 CL.....	27
5.1 Introdução	27
5.2 Material e métodos.....	28
5.2.1 Material	28
5.2.2 Métodos.....	31
5.3 Resultados e discussão.....	38
5.3.1 Altura de plantas.....	38
5.3.2 Peso de mil grãos, produtividades e rendimento de grãos inteiros.....	39
5.3.3 Composição proximal	42
5.3.4 Amilose e textura.....	44
5.3.5 Defeitos (% área opaca).....	46
5.3.6 Perfil branquimétrico	48
5.3.7 Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico...	49
5.3.8 Propriedades térmicas e de pasta e cristalinidade relativa das cultivares XP 123 e LD 522 CL provenientes da segunda época de colheita	51

5.3.9 Análise de componentes principais (PCA).....	55
5.3.10 Correlação de Pearson.....	57
5.4 Conclusão	61
6 Estudo 2: Influência do armazenamento à 26°C no comportamento de cocção das cultivares XP 123 e LD 522 CL.....	62
6.1 Introdução	62
6.2 Material e métodos	63
6.2.1 Material	63
6.2.2 Métodos.....	64
6.3 Resultados e discussão.....	67
6.3.1 Rendimento de inteiros e comportamento de cocção da cultivar XP 123	67
6.3.2 Rendimento de inteiros e comportamento de cocção da cultivar LD 522 CL	70
6.4 Conclusões.....	72
7 Considerações finais	73
Referências	74

1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) está presente diariamente na mesa dos brasileiros, sendo dieta básica para a maior parte da população (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Desempenha papel importante no fornecimento de energia devido à alta quantidade de carboidratos, além de proteínas, sais minerais e vitaminas do complexo B (BASSINELO e CASTRO, 2004). Também faz parte de uma das principais commodities brasileiras, em 2022, aproximadamente 135,3 mil toneladas de grãos foram exportadas, o que gerou um aumento de 65% em comparação ao ano anterior (MERLADETE, 2022).

Segundo o último levantamento feito pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), na safra de 2022/2023, o Brasil produziu cerca de 322.452,8 mil toneladas de grãos, sendo desse total, 10.033,33 mil toneladas de arroz, ocupando o terceiro lugar dos grãos mais cultivados no país (CONAB, 2023). O Rio Grande do Sul é o maior produtor do país, apresenta condições ambientais e de solo favoráveis para o cultivo do arroz, além de se destacar no uso de tecnologias que permitem o aumento na produtividade (ROHR, 2007).

De acordo com o IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz), na safra 2022/23, o Rio Grande do Sul sofreu perdas na produtividade devido ao fenômeno climático *La Niña*, com aproximadamente 175,7 sacas/há (8,787 Kg há⁻¹), menor comparado com a safra passada que foi de aproximadamente 180 sacas/há⁻¹. A produção ficou em 7,239,985 toneladas, 6% menor que na safra anterior (IRGA, 2021, 2022).

A qualidade industrial do arroz está baseada no rendimento de grãos inteiros e na renda de benefício, características essas consideradas imprescindíveis aos produtores e cerealistas, uma vez que interfere no valor de mercado e na aceitação de novas cultivares (CASTRO *et al.*, 1999). No entanto, a aparência do produto final e a preferência por um arroz mais íntegro, translucido, com características de cocção como: menor tempo de cozimento, e maior rendimento de panela, soltabilidade e maciez após o resfriamento são critérios relevantes para os consumidores no momento da compra (GOES *et al.*, 2015).

A cultura do arroz responde muito bem a adubação, principalmente nas fases de crescimento vegetativo e reprodutivo, onde uma boa nutrição garante

um melhor estabelecimento das plantas na lavoura, uma maior resistência contra pragas e doenças, e consequentemente, uma maior produtividade e qualidade dos grãos (ZAHRA *et al.*, 2022). O nitrogênio é o elemento amplamente utilizado nos sistemas de produção de arroz, e é considerado um nutriente limitante ao desenvolvimento da cultura e na produtividade de grãos, pois favorece o perfilhamento e aumenta o número de espiguetas por panícula, refletindo no rendimento de grãos inteiros (MIAO *et al.*, 2014). Da mesma forma, a absorção de nitrogênio durante o desenvolvimento da planta determina o percentual de proteínas e de amido, principalmente na etapa de enchimento dos grãos, onde o fornecimento adequado desse nutriente favorece a biossíntese de proteínas, no entanto, a sua falta favorece a síntese de carboidratos (KELLING e FIXEN, 1992).

A etapa de colheita é crucial e influencia diretamente na qualidade dos grãos, pois grãos colhidos com uma umidade acima ou abaixo do ideal impacta no rendimento de grãos inteiros. De acordo com as pesquisas, a umidade adequada para a colheita varia de 20 e 24% (SOSBAI, 2012). Colheitas precoces aumentam o percentual de grãos gessados e imaturos o que aumenta o número de grãos quebrados no beneficiamento, no entanto, quando colhidos tardiamente, ocasionam o degrane natural, além de ficarem mais tempo expostos ao ataque de pragas e doenças (TELÓ *et al.*, 2011).

Ao longo dos anos, a agricultura vem demonstrando um crescimento notável, e a busca por práticas agrícolas sustentáveis vem sendo discutidas por profissionais e cientistas da área. O desenvolvimento sustentável de tecnologias agrárias frente ao grande consumismo populacional é imprescindível para redução dos problemas ambientais, além de garantir o desenvolvimento socioeconômico e produtivo das lavouras (FERREIRA e BARRIGOSI, 2021).

Os genótipos híbridos apresentam um desenvolvimento produtivo superior em relação aos genótipos convencionais, e isso, é devido à essas plantas apresentarem maior tamanho de panícula e produção de matéria seca. No entanto, essa vantagem implica na desuniformidade de maturação entre as panículas, onde as espiguetas localizadas na porção superior atingem a maturação mais rápido do que as espiguetas localizadas na porção basal da panícula, e isso, resulta em grãos chochos, gessados e imaturos (grãos verdes), causando grandes prejuízos às indústrias e aos produtores, por obterem um

menor rendimento industrial pelo maior percentual de quebrados no processo de beneficiamento (DONG *et al.*, 2012; VILLANOVA, 2020).

De acordo com Castro *et al.* (1999), os grãos localizados na porção superior da panícula apresentam comprimento maior do que os grãos localizados na porção basal. Essas variações de tamanhos dentro da mesma cultivar podem impactar na classificação comercial do produto se não atingir o limite esperado para a classe, além de afetar o desempenho no processo de beneficiamento dos grãos.

Com isso, objetiva-se com o presente trabalho, avaliar a influência de diferentes doses de nitrogênio, da época de colheita e do armazenamento nas propriedades físico-químicas e nas características de cocção das cultivares híbridas XP 123 e LD 522 CL.

2 Hipóteses

O incremento da adubação nitrogenada favorece o aumento na produtividade de grãos.

As cultivares submetidas às maiores doses de nitrogênio apresentam maior teor de proteínas nos grãos, o que proporciona um grão mais solto após o cozimento.

Grãos das cultivares híbridas XP 123 e LD 522 CL apresentam diferenças nas propriedades térmicas e viscoamilográficas dos amidos devido a diferenças nas proporções amido/proteína.

Quanto maior o tempo de armazenamento, maior será a solubilidade e volume dos grãos após o cozimento.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da adubação com diferentes doses de nitrogênio, da época de colheita e do armazenamento das cultivares LD 522 e XP 123 e CL nos parâmetros tecnológicos e de qualidade de grãos.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar os impactos na produtividade em função das doses de nitrogênio e da época de colheita das duas cultivares estudadas.

Avaliar as diferenças nas propriedades químicas e tecnológicas em função das doses de nitrogênio utilizadas e nas umidades de colheita de 20% e 26%.

Avaliar os efeitos do armazenamento a 26°C durante o período de 6 meses no comportamento de cocção das cultivares LD 522 CL e XP 123.

4 Revisão bibliográfica

4.1 A cultura do arroz

O arroz está entre os cereais mais cultivados no mundo, ocupando o segundo lugar no ranking, com uma produção mundial de 759,7 milhões de toneladas, sendo o continente asiático responsável por cerca de 90% do total produzido, onde os principais países produtores são a China, Índia e Indonésia (FAO, 2020).

No Brasil, o arroz está presente diariamente na mesa dos brasileiros, onde seu consumo se dá principalmente na forma de arroz beneficiado polido, parboilizado, parboilizado integral e integral (BRASIL, 2009a). No entanto, a preferência dos consumidores é o arroz na forma de grãos polidos, chegando a 70% do total consumido no país. Esse tipo de produto possui uma desvantagem em relação aos outros tipos, por passar pelo processo de beneficiamento, a camada de aleurona é removida durante o polimento, na qual, é rica em proteínas, vitaminas e minerais, diminuindo assim a sua qualidade nutricional (Tabela 1) (ELIAS *et al.*, 2012).

Table 1: Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (N x 5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,30	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Adaptado de STORCK (2004).

O consumo de arroz no mundo é em média de 54 Kg/pessoa/ano, sendo o Brasil um dos maiores consumidores com cerca de 32 Kg/pessoa/ano (SOSBAI, 2018). O consumo de arroz e feijão na culinária brasileira, é tradicionalmente, um dos pratos mais populares servindo de dieta básica para grande parte da população, e juntos fornecem proteínas, carboidratos, fibras, ferro, vitaminas e minerais essenciais para uma dieta saudável e nutritiva (FERREIRA e BARRIGOSI, 2021).

O arroz é uma planta anual pertencente à família das Poaceae, e tem como adaptabilidade o desenvolvimento em solos alagados, e isso é devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, sendo, portanto, classificada no grupo C-3 (AGROLINK, 2010). O seu crescimento se dá em três fases principais: vegetativa, reprodutiva e maturação. A fase vegetativa engloba desde a germinação até o início do primórdio floral. A fase reprodutiva vai da iniciação do primórdio floral até o florescimento. Já a fase de maturação, entende-se do florescimento à maturação completa da planta, geralmente com duração de 35 dias, dependendo das condições ambientais (GUIMARÃES *et al.*, 2002).

A qualidade do arroz é um dos critérios mais relevantes para o consumidor e está diretamente relacionada às suas características físico-químicas, visto que grãos mais íntegros e com ausência de defeitos possuem uma maior aceitação

no momento da compra. Diversos fatores podem afetar a qualidade do arroz, dentre eles as características genéticas inerentes das cultivares, as condições ambientais, o modo de cultivo, a umidade de colheita e o manejo pós-colheita determinam a sua qualidade e consequentemente no seu valor de comercialização (CORADI *et al.*, 2022).

A temperatura é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento do arroz, onde cada fase fenológica da planta exige-se de uma temperatura ótima. Durante a germinação, a temperatura ótima varia de 20 a 35°C, enquanto que para a floração a temperatura é de 30 a 33°C, já, para a fase de maturação, o ideal é que a temperatura esteja entre 20 a 25°C. Essas temperaturas são referentes à temperatura do ar, com exceção da fase de germinação (SOSBAI, 2018). Segundo Guzman *et al.* (2017), a temperatura alta no período noturno durante a fase de enchimento dos grãos pode afetar a qualidade de moagem dos grãos de arroz, além de características funcionais como o perfil de viscosidade e temperatura de gelatinização.

A radiação solar é outro fator que influencia diretamente no desenvolvimento da planta, principalmente nas fases reprodutivas e de maturação por contribuir significativamente para a produção de grãos (EMBRAPA, 2005).

A estrutura e a composição do grão de arroz podem variar dependendo da cultivar e do manejo adotado. No entanto, diferenças dentro da mesma cultivar também podem ser observadas, visto que, as condições ambientais e de cultivo determinam a sua qualidade. O percentual de grãos inteiros é considerado um dos parâmetros de qualidade mais importantes, principalmente para os cerealistas e consumidores, pois determina o seu valor de mercado e na aceitação de novas cultivares (WANG, 2021).

O rendimento de engenho ou renda de benefício é o arroz descascado e polido que está sendo beneficiado na indústria (inteiros e quebrados), já o percentual de inteiros e quebrados, separadamente, são valores utilizados pelas indústrias e cerealistas para a classificação comercial do arroz (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 2006).

4.2 Tecnologia genética: híbridos de arroz

Com o crescente aumento populacional nas últimas décadas, o aumento na demanda por alimentos vem trazendo preocupações futuras, e a previsão é que em 2050, a produção de alimentos deve duplicar para atender essa demanda, principalmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2009).

No Brasil, as pesquisas com cultivares híbridas de arroz começaram por volta de 1985, quando a EMBRAPA e o Institut de Recherches en Agronomie Tropicale (IRAT) da França, atual Centre de Coopération Internationale en Recherches Agronomie pour le Développement (CIRAD) firmaram uma parceria, que em 2010, foi lançado no Rio Grande do Sul, a cultivar BRS CIRAD 302. No entanto, a primeira cultivar a ser introduzida no país foi em 2003 pela empresa Rice Tec (NEVES, 2010).

O arroz híbrido é o resultado do cruzamento de duas linhagens geneticamente diferentes que explora o fenômeno da heterose, comumente conhecido como vigor híbrido, na qual, tem como objetivo reunir as características desejáveis de outros indivíduos fazendo com que esse híbrido (F1) tenha um melhor desempenho que seus pais endogâmicos (BIRCHLER *et al.*, 2003). Desta forma, o vigor híbrido propicia a obtenção de uma cultivar com melhor desempenho produtivo e um alto potencial de perfilhamento, além disso, a resistência contra pragas e doenças e às condições ambientais adversas é maior comparado com as cultivares convencionais (SCHERER, 2005).

De acordo com a Rice Tec (2011), a utilização de híbridos de arroz proporciona uma redução na densidade de semeadura, chegando a 40-45 Kg.ha⁻¹, número bem menor se comparado com algumas cultivares convencionais que varia entre 100-120 Kg.ha⁻¹, e isso traz grandes benefícios aos produtores pela redução dos custos, principalmente no tratamento de sementes e custos com transportes. No entanto, o uso de cultivares híbridas no Brasil ainda é muito pouco, tendo em vista os altos custos das sementes e a necessidade de cultivo em condições específicas (NEVES, 2014).

Apesar disso, é relatado que a adoção de baixas densidades na semeadura podem ser compensadas com a adubação nitrogenada, especialmente para cultivares convencionais com alto potencial produtivo (HUANG *et al.*, 2013).

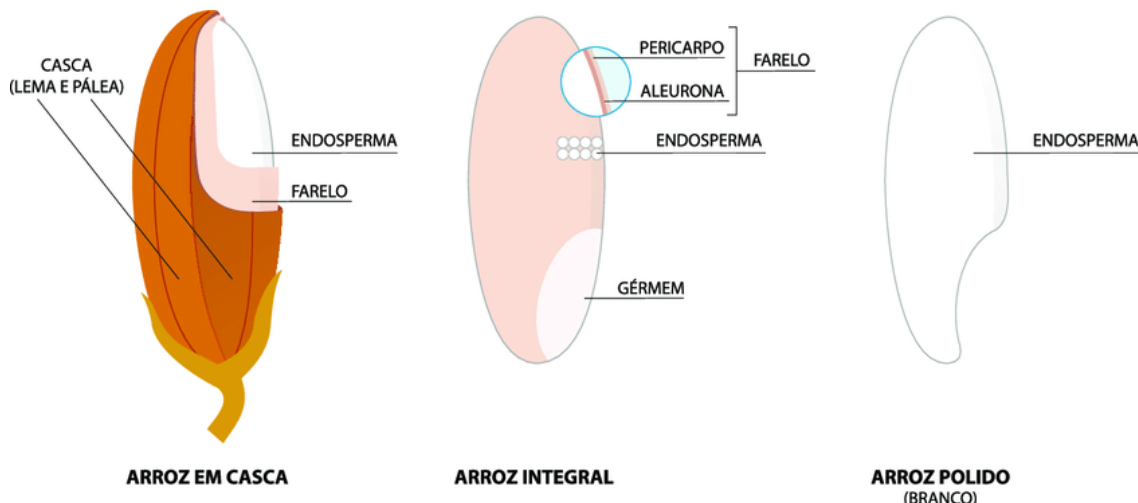
A produção de arroz se dá em dois sistemas de cultivo, irrigado e em terras altas, apresentando assim, diversidades nos modos de cultivo. Nos últimos anos, o cultivo de arroz irrigado vem apresentando um crescimento notório, principalmente pelo desenvolvimento de novas tecnologias genéticas e de manejo, contribuindo assim, para o aumento da produção de grãos. Com isso, tecnologias vêm sendo desenvolvidas por pesquisadores e profissionais da área, como é o caso da tecnologia Clearfield® (CL). Essa tecnologia permite realizar o controle de plantas daninhas como o arroz vermelho, sem prejudicar o desenvolvimento da cultura (TAN *et al.*, 2005).

4.3 Estrutura e composição nutricional dos grãos de arroz

A estrutura do grão de arroz (Figura 1) é composta por sua casca, e possui função protetora contra pragas e doenças, além de regular a entrada e saída de água. É constituída por duas folhas modificadas denominadas de pálea e lema, na qual, correspondem a 20% do peso total do grão. Essas folhas são compostas de lignina (30%), celulose (25%) e cinzas (21%). A cariopse, que é comumente conhecido como grão integral, é formada pelo pericarpo, camada de aleurona, gérmen e pelo endosperma e possui excelente valor nutricional, rico em fibras, vitaminas e compostos bioativos. O pericarpo apresenta uma fina camada de fibras e é considerado uma estrutura secundária de proteção dos grãos (OLIVEIRA, 2021).

A camada de aleurona ou farelo representa de 5 a 8% do grão de arroz, e é formado principalmente por proteínas, lipídios, fibras, vitaminas e minerais. O gérmen ou embrião está localizado na parte ventral do grão correspondendo a 2% da cariopse é onde se concentra o maior percentual de lipídios. O endosperma é a estrutura predominante no grão (89-94% do arroz integral), e é composto principalmente por amido e alguns corpos proteicos aderidos aos grânulos de amido (JULIANO e BECHTEL, 1985).

Figura 1 - Estrutura do grão de arroz.



Fonte: OLIVEIRA, 2021.

O grão de arroz é composto predominantemente por amido, e proporções menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas, no entanto, essas proporções podem variar conforme o manejo de cultivo, as condições ambientais e o tipo de processamento (ZHOU *et al.*, 2002). Os lipídios podem ser encontrados nas camadas periféricas do grão (80%) ou associados aos grânulos de amido no endosperma, onde, no arroz integral, o conteúdo desse componente pode chegar até 3% (Tabela 1). São constituídos predominantemente por ácidos graxos insaturados, sendo os principais: o ácido palmítico (16:0), oleico (18:1) e linoleico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes. As fibras são formadas por celulose, hemicelulose e pectina. Esses polissacarídeos apresentam diversas funções no nosso organismo, por não serem digeridas pelas enzimas presentes no intestino grosso, acabam ficando disponíveis para o processo de fermentação pela microflora. Isso tem sido associado à redução de algumas doenças crônicas, como o diabetes e doenças cardiovasculares, no entanto, por estarem localizadas nas camadas periféricas do grão, são perdidas no processo de polimento (MANO *et al.*, 1999; WALTER, MARCHEZAN e AVILA, 2008; BEHALL *et al.*, 2006).

Os minerais e vitaminas estão presentes em diferentes frações do grão de arroz, predominantemente nas camadas mais externas. A concentração desses nutrientes é determinada pelo manejo de cultivo, incluindo a fertilização e as condições do solo, e pelo tipo de processamento. No processo de beneficiamento, por exemplo, para a obtenção do arroz polido, boa parte desses

minerais são descartados pela remoção do farelo, que é onde se concentra a maior parte, principalmente de fósforo, potássio e magnésio. O ferro e zinco estão presentes em baixas concentrações, no entanto, são conhecidos por desempenharem um papel importante para a saúde humana, visto que, as suas deficiências podem originar problemas de anemia e retardar o crescimento de crianças (BAERLOCHER *et al.*, 2003; JULIANO e BECHTEL, 1985).

O amido é composto por dois polissacarídeos: amilose e amilopectina, na qual, as proporções nos grãos podem variar conforme a origem botânica. Na indústria, o amido de arroz é bastante utilizado para a elaboração de sobremesas, produtos para a panificação, embalagens biodegradáveis, servindo também na substituição de algumas gorduras (PUCHONGKAVARIN, VARAVINIT e BERGTHALLER, 2005).

Esses polímeros apresentam conformações estruturais diferentes (Figura 2), a amilose, apresenta conformação linear, e ligações glicosídicas do tipo α 1-4, já a amilopectina, possui uma estrutura ramificada, formada por ligações de glicose do tipo α 1-4 e α 1-6. Segundo Juliano (1993), o percentual de amilose e amilopectina determina o comportamento de cocção dos grãos de arroz. Essa proporção pode variar dependendo da cultivar e do manejo de cultivo (FREI *et al.*, 2003). Segundo SOAVE *et al.* (1995), altas temperaturas durante o período de enchimento dos grãos podem diminuir o percentual de amilose em até 6% em estações de cultivo diferentes.

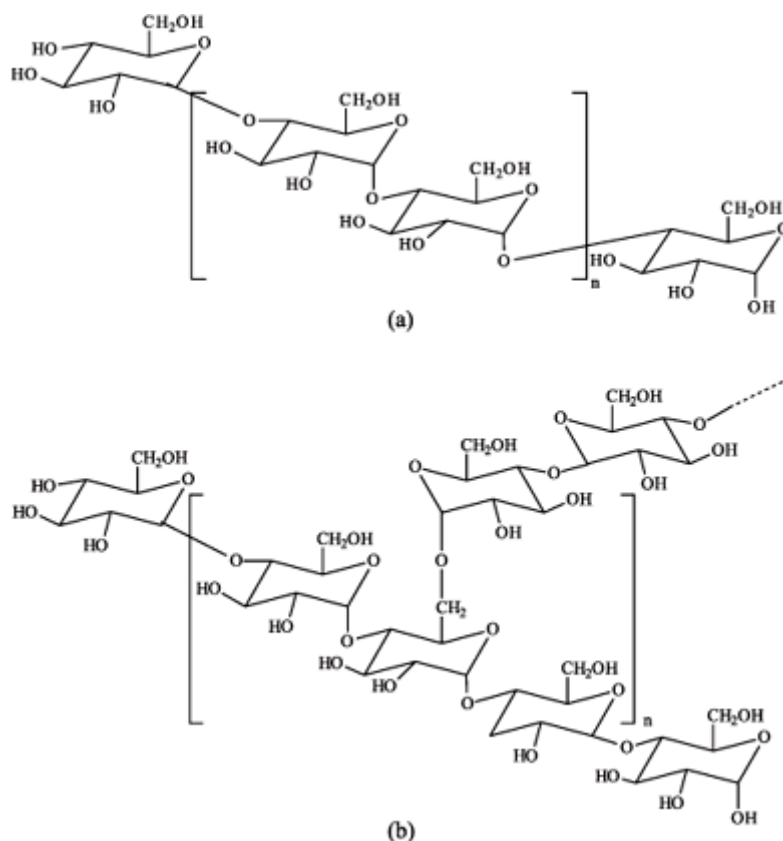
As cultivares podem apresentar diferentes teores de amilose e são classificadas em arroz ceroso (0,8-2,0%), baixa amilose (7-20%), média amilose (20-25%) e alta amilose (>25%). Essas diferenças influenciam diretamente no comportamento de cocção dos grãos. As cultivares com alto teor de amilose, são caracterizadas por apresentarem grãos mais soltos e secos, que endurecem após o resfriamento. No entanto, grãos com um baixo teor de amilose tendem a empapar durante o cozimento, apresentando geralmente, uma textura mais pegajosa e aquosa. As cultivares com teor intermediário são preferidas pelos consumidores brasileiros por se manterem soltos e macios, mesmo após o resfriamento dos grãos (MAGRI *et al.*, 2005).

O grânulo de amido é composto de regiões cristalinas e amorfas. As regiões cristalinas são formadas pelas estruturas ramificadas da amilopectina, na qual, possuem a funcionalidade de estruturação do grânulo. Já, as regiões

amorfas, são caracterizadas por absorver mais água quando aplicado uma temperatura de gelatinização mais baixa. Essas regiões semi-cristalinas se intercalam formando uma estrutura de dupla-hélice (ZAVAREZE, 2009; DENARDIN e SILVA, 2009).

Durante o processo de cozimento, a alta temperatura associada ao excesso de água causa transformações nas moléculas do amido, onde a parte amorfa transforma-se em gel que após o resfriamento, faz com ocorra uma reorganização dessas moléculas, esse fenômeno é conhecido como retrogradação do amido. A temperatura de gelatinização do amido pode ser definida como a temperatura de cozimento quando 90% dos grânulos são gelatinizados e expandidos de maneira irreversível (VIEIRA e CARVALHO, 1999). Segundo a SOSBAI (2018), grãos que apresentam temperatura de gelatinização entre 63-73 °C e um teor de amilose intermediária a alta, possuem um comportamento de cocção excelente para o mercado brasileiro.

Figura 2 - Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).



Fonte: Corradini et al., 2005.

O percentual de proteínas no grão de arroz apresenta em média de 7,5% (b.u.), no entanto, devido as diferenças varietais esse valor pode chegar até 13% (KENNEDY e BURLINGAME, 2003). As proteínas exercem grande influência nas características culinárias do arroz, como na textura e dureza dos grãos (TZUKAGUCHI *et al.*, 2016).

As proteínas do arroz podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade, as albuminas são solúveis em água, as globulinas solúveis em soluções salinas, as prolaminas solúveis em álcool e as glutelinas solúveis em álcalis. Sendo as glutelinas representando cerca de 80% das proteínas totais do arroz (VIEIRA *et al.*, 2008).

4.4 Nitrogênio

O nitrogênio é considerado o segundo macronutriente de maior exigência para a cultura do arroz e está presente em 78% na atmosfera na forma de gás, no entanto, essa forma está indisponível para as plantas devido às suas fortes ligações covalentes (CANTARELLA, 2007). A aplicação de nitrogênio na cultura do arroz tem sido uma prática muito adotada pelos agricultores, principalmente, pelo aumento da produtividade nas lavouras (JI *et al.*, 2014).

A disponibilidade nitrogênio ocorre devido aos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica realizada por microrganismos presentes no solo. Esses microrganismos transformam o nitrogênio orgânico em nitrato e amônio, que são formas absorvidas pelas plantas. Em sistema anaeróbico, como é o caso do manejo por inundação, a forma predominante é o amônio, que pode ser proveniente de fontes de ureia ou sulfato de amônio, (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 2006).

O percentual de nitrogênio após o processo de amadurecimento dos grãos é, na maior parte, resultado dos compostos de N que são acumulados nas folhas e caules até a fase de floração que é posteriormente redistribuído durante a fase de enchimento dos grãos (OSAKI *et al.*, 1991).

O agronegócio é um dos setores da economia que mais contribui para o desenvolvimento do país, principalmente pelos avanços tecnológicos, o que impulsiona a geração de renda e empregos. Entretanto, com a crescente modernização e o aumento da demanda por alimentos, a necessidade do

aumento da produtividade tem se tornado uma questão desafiadora, tendo em vista os altos custos de produção e os riscos de poluição ambiental (CREPALDI, 2019).

Ao longo dos anos, o uso de doses elevadas de nitrogênio tem se tornado uma prática constante entre os produtores por aumentar a produtividade de grãos nas lavouras (CARLOS *et al.*, 2022). No entanto, segundo Fageria e Baligar (2001), a recuperação do nitrogênio em sistema de cultivo por inundação é cerca de 40%. Por isso, um balanço entre a adubação e a produtividade pode favorecer a eficiência de recuperação no sistema além de diminuir os custos de produção. Segundo o estudo realizado por Zhu *et al.* (2017), o incremento das doses de nitrogênio (300 e 375 Kg.ha⁻¹) em cultivares japônicas de arroz acarretou no aumento de grãos gessados e em um maior percentual de área opaca nos grãos, além disso, o excesso de nitrogênio pode causar a degradação do solo e aumentar a produção de gases do efeito estufa (ZHANG *et al.*, 2019).

5 Estudo 1: Influência da adubação nitrogenada e da época de colheita nas cultivares XP 123 e LD 522 CL

5.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo. De acordo com a USDA (2022), o Brasil ocupa a 10ª posição dos países que mais produzem arroz beneficiado do mundo. É considerado um alimento básico para mais da metade da população mundial. No entanto, nos últimos anos, projeções indicam uma alta demanda por alimentos impulsionada principalmente, pelo aumento populacional.

Segundo a FAO (2018), tendo em vista o aumento populacional, o aumento da produtividade e uma expansão da agricultura podem ser alternativas que podem suprir essa demanda por alimentos. Porém, essas atividades podem comprometer o meio ambiente, devido ao aumento do desmatamento e da emissão de gases do efeito estufa.

O cultivo de arroz híbrido vem ganhando cada vez mais espaço no setor agrícola, principalmente, devido ao fato das cultivares híbridas apresentarem um potencial produtivo superior aos genótipos convencionais, o que permite aos agricultores reduzir a densidade de semeadura. Diante disso, com a crescente introdução de novas cultivares no mercado, faz-se necessário a coleta de informações quanto às diferentes formas de manejo que possam expressar o seu potencial produtivo e tecnológico, para assim alcançar um alto rendimento de grãos.

O nitrogênio é um elemento essencial para o desenvolvimento da cultura do arroz, principalmente por ser componente da clorofila, responsável pelo aumento da área foliar e pela taxa fotossintética da planta, impactando diretamente na produtividade de grãos (FAGERIA *et al.*, 2003).

A colheita é considerada uma etapa crucial, e é determinada em função da umidade dos grãos. Uma colheita inadequada pode acarretar em perdas na qualidade e no rendimento, e assim, depreciar o valor do produto, logo, definir uma colheita adequada torna-se uma prática imprescindível para a obtenção de grãos saudáveis e com um bom rendimento.

De acordo com as pesquisas, a recomendação é de que a colheita seja realizada quando os grãos estiverem com uma umidade entre 20 a 24% (SOSBAI, 2012). Colheitas realizadas com antecedência tendem a aumentar o percentual de grãos verdes (imaturos) e gessados e consequentemente diminuir o rendimento de grãos inteiros, além disso, grãos com uma umidade alta sofrem descontos que são aplicados no momento da venda às indústrias devido aos gastos com energia para secar o produto até a umidade ideal para ser armazenado. Porém, colheitas realizadas com baixa umidade podem gerar fissuras nos grãos devido aos processos mecânicos, além de ficarem mais suscetíveis às perdas pelo degrane natural das plantas. Isso resulta em perdas de qualidade e um menor rendimento de grãos inteiros (CALDERWOOD *et al.*, 1980). Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência da adubação nitrogenada (0, 60, 120 e 180 Kg,ha⁻¹) e da época de colheita (20% e 26% de umidade) das cultivares híbridas XP 123 e LD 522 CL.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Material

O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental Exacta Agriscience, BR 116, Km 497, n°7600-Pelotas/RS (31° 31' 56" S, 52° 13' 59" W). Foram utilizadas duas cultivares híbridas de arroz: XP 123 e LD 522 CL, sob sistema de irrigação por inundação, cujas especificações estão apresentadas na Tabela 2. O delineamento experimental foi dividido em parcelas de 12,5 m² para cada tratamento, com quatro repetições.

A semeadura dos genótipos ocorreu no dia 8 de novembro na safra 22/23, a densidade de semeadura foi de 45 Kg,ha⁻¹ para ambas as cultivares, e a adubação de base foi de 400 Kg,ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 (N-P-K). A adubação de cobertura ocorreu uma vez, no momento da entrada da água, foi utilizado ureia como fonte de nitrogênio nas doses de: 0, 60, 120 e 180 Kg,ha⁻¹. Os demais manejos agrônômicos foram realizados conforme as recomendações técnicas da SOSBAI (2018).

A colheita foi realizada manualmente com o auxílio de foices, na qual, foi dividida em dois momentos: primeiro, quando os grãos atingiram 26% de umidade e no segundo momento com 20%. As parcelas foram subdivididas, descartando-se as bordaduras.

Na Figura 3 está apresentada a imagem da área experimental, e na Figura 4 as condições climáticas durante o período de condução do experimento.

Figura 3 - Imagem da área experimental.



Figura 4 - Temperaturas máxima e mínima (A), Radiação solar (B) e Precipitação (C) do local durante o período de condução do experimento.

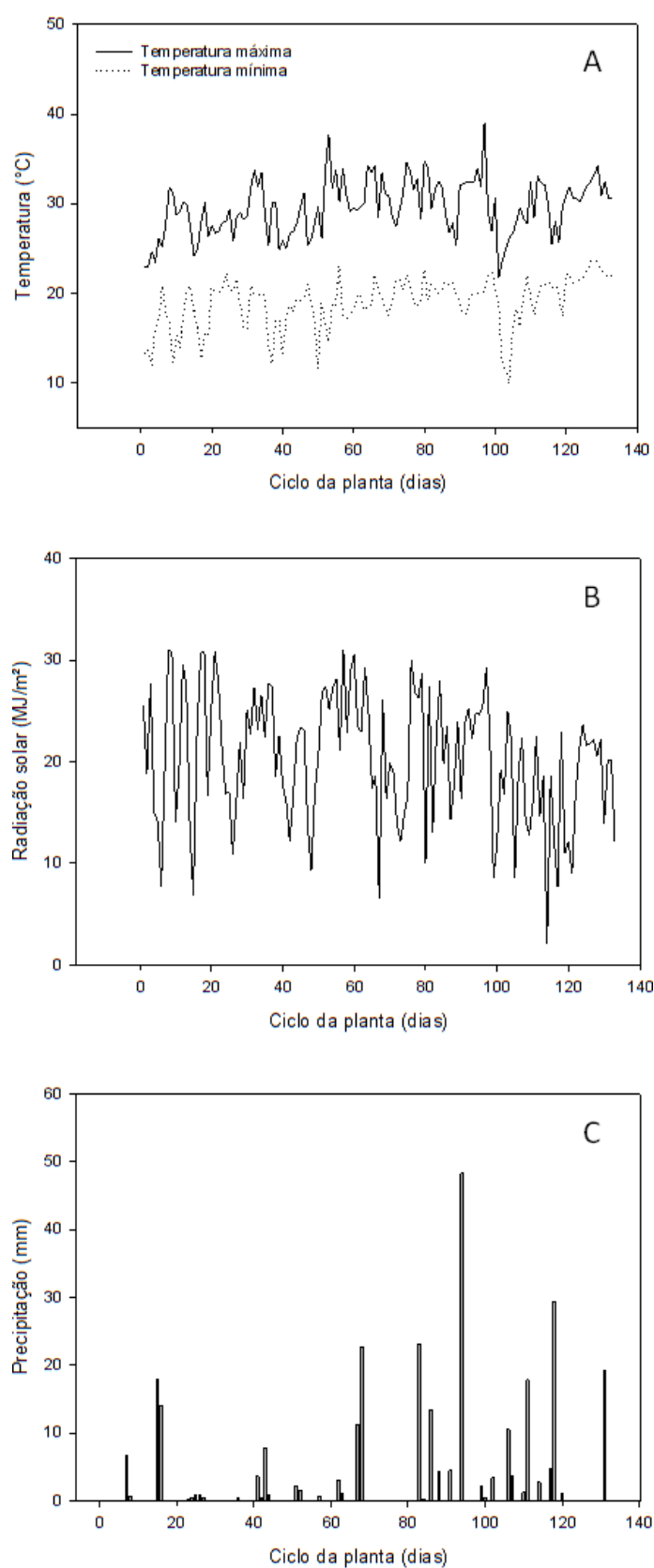


Table 2: Características agronômicas das cultivares.

Cultivar	Obtentor	Ciclo	Resistência	Potencial produtivo (kg.ha ⁻¹)
XP 123	RiceTec	Ciclo médio 130 dias	x	x
LD 522 CL	Basf	Ciclo médio 138 dias	MT Brusone	15.500

MT: Moderadamente tolerante.

5.2.2 Métodos

5.2.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso com 4 repetições. No Estudo 1 foi avaliado a influência da adubação nitrogenada e da umidade de colheita das duas cultivares híbridas. O desenho experimental do Estudo 1 está representado na Tabela 3.

Table 3: Influência da adubação nitrogenada e da umidade de colheita nas propriedades físico-químicas dos grãos das cultivares XP 123 e LD 522 CL.

Trat.	Variáveis independentes			Variáveis dependentes
	Cultivar	Doses (Kg.ha ⁻¹)	Umidade de colheita (%)	
1	XP 123	0	26	Produtividade
2	LD 522 CL	60	20	Peso de mil grãos
3		120		Rendimento de inteiros e
4		180		quebrados
5				Grau de brancura
...				Composição proximal
...				% Gessados e com centro branco
...				Tempo de cocção
...				% Amilose
...				Propriedades viscoamilográficas (RVA)
16				Propriedades térmicas (DSC)

Trat: tratamento

5.2.2.2 Altura de plantas

A altura das plantas foi obtida com o auxílio de uma régua, na qual, foi realizada a medição do comprimento da planta, da base até o ápice, no estágio reprodutivo em R4.

5.2.2.3 Beneficiamento dos grãos

As cultivares XP 123 e LD 522 CL, foram colhidas com duas umidades de colheita, 20 e 26 %, aproximadamente. Após a colheita, os grãos foram limpos em peneiras para a retirada de matérias estranhas e impurezas e secos em secador de provas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos-Ufpel), a uma temperatura de 36°C, até atingirem 13% de umidade.

5.2.2.4 Rendimento de inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi analisado seguindo o padrão oficial de classificação de arroz, que consta na IN 6/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (BRASIL, 2009a). Primeiramente, 100g de arroz foram descascados e polidos por 60 segundos. Após isso, foi feita a separação de grãos inteiros e quebrados por um cilindro alveolado (*trieur*), durante 60 segundos. Após isso, com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Santo Amaro, SP, Brasil), foram feitas revisões no comprimento nos grãos inteiros e quebrados. Foram considerados grãos quebrados os grãos com comprimento inferior à 4,5mm conforme descrito na IN MAPA 06/2009 (BRASIL, 2009a). O percentual de grãos inteiros foi calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Grãos inteiros (\%)} = (\text{Peso dos grãos inteiros(g)} / \text{Peso do arroz em casca (g)}) \\ * 100$$

5.2.2.5 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi determinada com o auxílio de contador eletrônico de sementes (Comp Sanick, ESC 2011, Brasil) pela contagem de oito repetições de 100 grãos, e convertidas para a massa de mil grãos em gramas, determinada de acordo com a metodologia descrita nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009b).

5.2.2.6 Grau de brancura

O grau de brancura foi analisado em um branquímetro, modelo MBZ-1. Os grãos foram colocados no suporte do equipamento, onde realizou-se a leitura de brancura, transparência e grau de polimento, conforme escala do equipamento (GBZ). Os grãos utilizados foram polidos por 1 minuto e a remoção de farelo foi até 10%.

5.2.2.7 Composição proximal

As análises de composição proximal foram determinadas segundo metodologias descritas pela AOAC (2005). Os resultados foram expressos em percentagem (%) do peso seco.

5.2.2.8 Tempo de cocção

O tempo de cocção foi determinado de acordo com o teste Ranghino (JULIANO e BECHTEL, 1985). Primeiramente, 10 g de arroz polido foram colocadas em um béquer contendo 150 mL de água destilada fervente ($98 \pm 1^\circ\text{C}$), sobre uma chapa de aquecimento, começando a contagem do tempo de cocção. Após 10 minutos, a cada minuto foi verificado se já estavam cozidos, amassando 10 grãos contra duas placas de vidro. O tempo de cocção foi considerado quando 90% dos grãos não apresentaram o centro branco. Os resultados foram expressos em minutos.

5.2.2.9 Perfil texturométrico

O perfil texturométrico dos grãos cozidos foi determinado utilizando-se um texturômetro (Stable Micro Systems Texture Analysers, modelo TA,XTplus), conforme descrito por Park *et al.*, (2001) e Meullenet *et al.*, (1997). Para análise de textura, amostras de grãos de arroz (10g) foram cozidas em béquer contendo

150 mL de água destilada a $98 \pm 1^\circ\text{C}$, conforme o tempo de cocção já estabelecido. Em seguida, os grãos cozidos foram drenados do excesso de água e analisados, ainda quentes, quanto à dureza e mastigabilidade. Para isso foi utilizado um analisador de textura (TA,XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra), onde três grãos foram colocados no centro da base e submetidos à compressão de 90% em dois ciclos de tempo, em velocidades de 1,5 mm/s, 0,67 mm/s e 2,00 mm/s. Foram realizadas 8 repetições por tratamento.

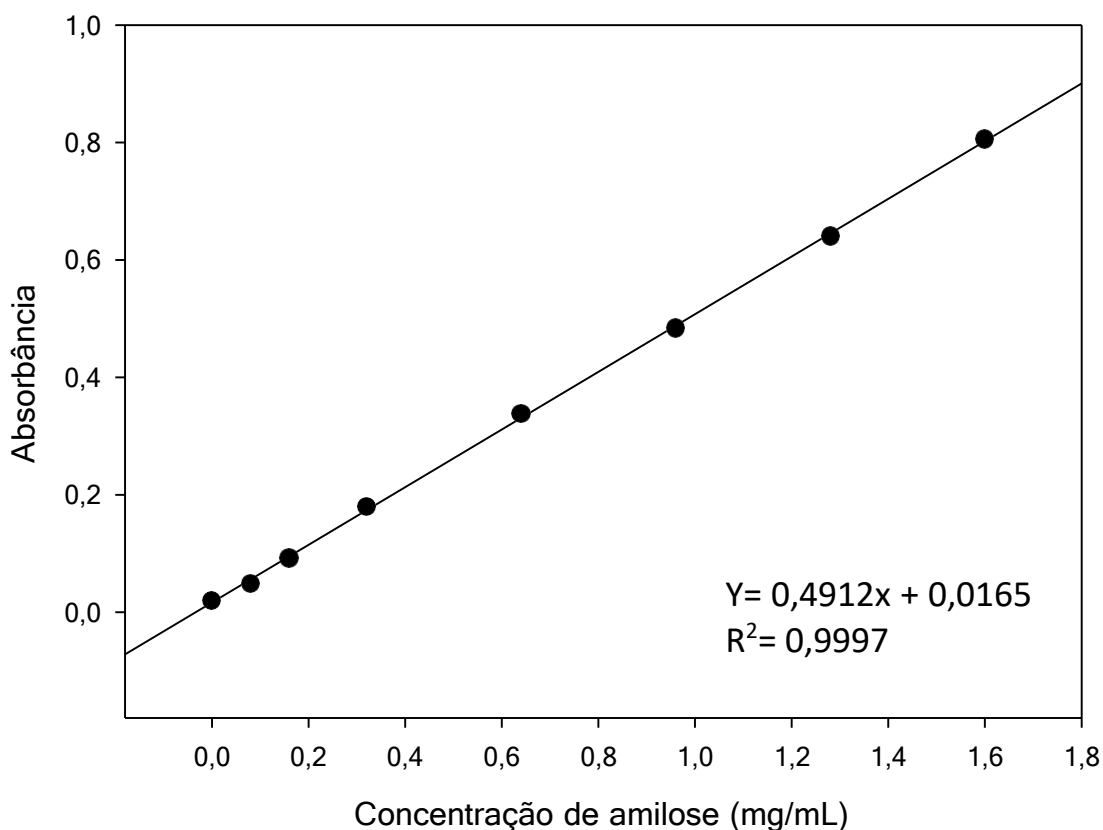
5.2.2.10 Teor de amilose

O teor de amilose aparente foi determinado pelo método colorimétrico com iodo, conforme descrito por McGrane, Cornell e Rix (1998). A análise foi feita com farinha de arroz polida e desengordurada pelo método soxhlet, conforme recomendado pela AACC (2002) com tamanho de partícula inferior a 100 Mesh. Em tubos de falcon de 15mL, foram pesados 100mg de farinha e adicionados 8 mL de DMSO (Dimetilsulfóxido 90%), e agitados em vórtex por 30 segundos.

Em seguida, as amostras foram condicionadas em banho-maria a 85°C por cerca de 3h até a completa gelatinização do amido, e nos primeiros 30 minutos, foi feita agitação a cada 5 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram transferidas para tubos de falcon de 50 mL e o volume completado para 25mL com água destilada. A mistura foi homogeneizada e uma alíquota de 1mL da solução foi coletada e transferida para um tubo de falcon de 50mL, contendo 44mL de água destilada e 5mL de solução de iodeto de potássio potássio ($0,0025\text{mol.L}^{-1}$ de I_2 e $0,0065\text{mol.L}^{-1}$ de KI).

A solução foi agitada e mantida no escuro por 15 min, após isso, foi realizada a leitura da absorbância em 600nm. Os resultados do teor de amilose aparente foram quantificados usando uma curva de calibração preparada com amilose extraída de batata (SigmaAldrich Co., EUA) e expressa como porcentagem (%) em uma base de peso seco.

Figura 5 -Gráfico e equação de calibração do padrão de amilose.



5.2.2.11 Percentual de defeitos

O percentual de defeitos foi analisado conforme o padrão oficial de classificação de arroz, que consta na IN 6/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (BRASIL, 2009). Para os defeitos barriga branca, barriguinha e gessados foram adotados os seguintes critérios: foi considerado barriga branca todo grão ou parte dele que apresentou coloração opaca em 50 a 99% de sua constituição, barriguinha os grãos que apresentaram coloração opaca em 25 a 49% de sua constituição e gessados os grãos que apresentaram mais de 99% de sua área opaca. Para isso, foi utilizado um equipamento MACH VISION™, que através de inteligência artificial, fornece os dados em tempo real pelo reconhecimento visual dos grãos.

5.2.2.12 Propriedades Viscoamilográficas (RVA)

As propriedades viscoamilográficas das farinhas do grão moído foram avaliadas pelo RVA (Rapid Visco Analyser), por meio do perfil Standard Analysis 1. Foram utilizados 3,0 g de amostra corrigida para 14% de umidade. As amostras foram aquecidas a 50°C em 1 min e, posteriormente, a 95°C em 3,5 min, sendo mantidas a 95°C durante 2,5 min. A seguir, foram resfriadas para 50°C em 3,8 min e mantidas a 50°C por 2 min. A velocidade de rotação foi mantida a 960 rpm durante 10 s e então mantida a 160 rpm durante o restante do processo. Foram obtidas a temperatura de início de formação de pasta, viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e capacidade de retrogradação.

5.2.2.14 Rendimento gravimétrico e volumétrico de cocção

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico dos grãos foram determinados seguindo os métodos descrito por Yadav e Jindal (2007) e Batista (2019), com algumas modificações. Aproximadamente 4,5 g de grãos polidos foram pesados em tubos de falcon de 50 mL e imersos em 11,25 mL de água destilada fervente. Antes disso, foram feitos testes para verificar a melhor proporção de água, onde a melhor proporção ficou 1:2,5. Após a imersão dos grãos em água, os tubos foram então imersos em banho maria à 100°C e deixadas durante seus tempos de cocção. Posteriormente, as amostras foram recolhidas e transferidas para um banho de gelo e deixadas para arrefecer durante 2min. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram expressos em percentuais (%) levando em consideração o peso inicial dos grãos (secos) em relação ao seu peso final (cozidos), assim como o volume inicial dos grãos (secos) em relação ao seu volume final (cozidos) bem como as dimensões de cada tubo.

5.2.2.15 Análise estatística

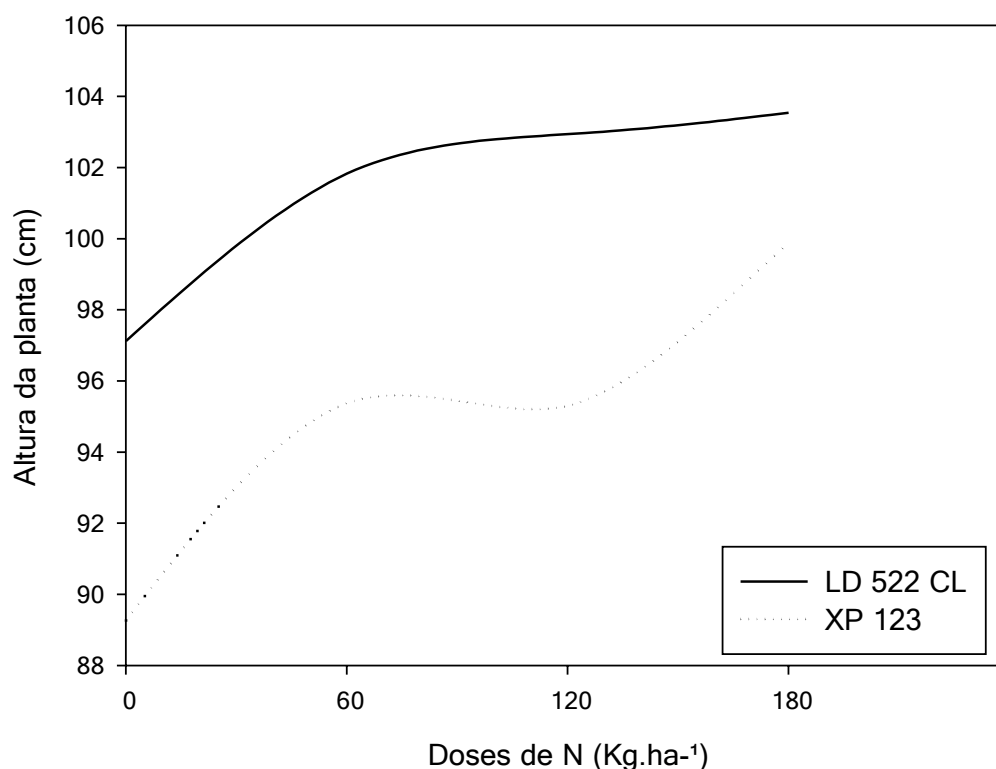
O estudo foi conduzido de acordo com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo. Os resultados foram expressos em valor médio e desvio padrão. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e realizada análises de variância (ANOVA) para observação das interações dos fatores (tabelas 3 e 4), o teste de comparação

se deu através do teste de Tukey para os dados paramétricos e Wilcoxon para os dados não paramétricos, observando o nível de 5% de significância. Foi realizada análise multivariada através de Análise de Componentes Principais (ACP) e análise de Correlação de Pearson, onde os resultados foram apresentados na forma de gráficos. Os dados foram analisados com o auxílio do software R versão 4,2,2 (R Core Team 2022).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Altura de plantas

Figura 6 - Altura média das cultivares LD 522 CL e XP 123, em função das doses de nitrogênio, medidas no estágio reprodutivo R4.



A altura das plantas foi avaliada quando as plantas encontravam-se em estágio reprodutivo em R4. Conforme a Figura 6, foi observado um aumento na altura das plantas com o incremento das doses de nitrogênio, principalmente para a cultivar LD 522 CL, que apresentou maior altura. Estudos realizados por Buzetti *et al.* (2006), também encontraram um aumento na altura das plantas em função do incremento das doses de nitrogênio. No entanto, ao final do ciclo das culturas pode-se observar um acamamento em algumas plantas para a cultivar LD 522 CL, principalmente nas parcelas com maior dose de nitrogênio. Na Tabela 6, esse efeito pode ser evidenciado pela diferença não significativa na

produtividade para a dose de 180 kg,ha⁻¹ , em comparação com as doses menores (0 e 60 kg,ha⁻¹).

O nitrogênio é o componente de diversos constituintes celulares, o que contribui para o crescimento das plantas, fato que pode ser evidenciado pelo aumento na altura conforme o acréscimo das doses (MANIKANDAN e SUBRAMANIAN, 2016).

5.3.2 Peso de mil grãos, produtividades e rendimento de grãos inteiros

Table 4: Peso de mil grãos, produtividade e rendimento de grãos inteiros submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas umidades de colheita.

Variáveis	Dose de N (kg,ha ⁻¹)	LD 522 CL		XP 123	
		1° Colheita	2° Colheita	1° Colheita	2° Colheita
PMG (g)	0	28,17± 0,20 ^{Aa*}	27,71±0,24 ^{Aa}	25,82±0,11 ^{Ba}	27,24±0,04 ^{Aa}
	60	26,96± 0,56 ^{Ab}	26,19±0,08 ^{Ab}	25,87±0,42 ^{Ba}	27,28±0,07 ^{Aa}
	120	26,87±0,42 ^{Ab}	26,08±0,08 ^{Ab}	25,94±0,31 ^{Aa}	27,01±0,76 ^{Aa}
	180	26,43±0,36 ^{Ab*}	27,59±0,27 ^{Aa}	25,19±0,32 ^{Aa}	26,64±0,49 ^{Aa}
Produtividade (ton,ha ⁻¹)	0	10,79±0,25 ^{Ba*}	14,85±0,04 ^{Aa*}	8,44±0,12 ^{Ab}	9,24±0,74 ^{Aa}
	60	11,24±0,08 ^{Ba}	14,95±1,23 ^{Aa*}	9,67±0,46 ^{Aa}	8,22±0,91 ^{Aa}
	120	11,91±0,38 ^{Aa}	12,83±1,05 ^{Ab*}	10,73±1,24 ^{Aa}	9,91±0,88 ^{Aa}
	180	10,84±0,36 ^{Ba}	15,05±1,47 ^{Aa*}	11,15±0,42 ^{Aa}	9,91±1,33 ^{Aa}
Rendimento de grãos inteiros (%)	0	66,87±0,67 ^{Ba*}	68,43±0,02 ^{Aa*}	64,14±0,42 ^{Bb}	70,77±0,31 ^{Aa}
	60	66,24±0,02 ^{Aa}	67,62±0,05 ^{Aa}	65,72±0,88 ^{Bb}	68,20±0,72 ^{Ab}
	120	66,53±0,37 ^{Ba}	68,50±0,24 ^{Aa*}	67,09±0,50 ^{Ba}	70,16±0,41 ^{Aa}
	180	66,56±0,72 ^{Aa}	67,81±1,04 ^{Aa}	67,41±1,53 ^{Aa}	67,47±0,54 ^{AbT}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

Os resultados para peso de mil grãos, produtividade e rendimento de grãos inteiros estão apresentados na Tabela 4.

O nitrogênio é um elemento essencial por contribuir para o crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz. Esse nutriente pode influenciar no

rendimento e na produtividade de grãos na lavoura (FAGERIA e SANTOS, 2015).

O peso de mil grãos é dependente do tamanho e pela forma de enchimento dos grãos, que são características influenciadas por fatores genéticos e pelas condições ambientais, respectivamente (LI e LI, 2016).

O peso de mil grãos apresentou variações entre as cultivares. Para a cultivar LD 522 CL, a época de colheita não influenciou no enchimento dos grãos, no entanto, para a dose controle, foi observada um maior valor de peso de mil grãos para ambos os tempos de colheita.

Para a cultivar XP 123, houve aumento significativo no peso de mil grãos para as doses de 0 e 60 Kg.ha⁻¹ para a segunda colheita. O nitrogênio favorece o perfilhamento, e conseqüentemente, o número de panículas. O menor peso de mil grãos, com o incremento das doses, pode ser justificado, pelo direcionamento do nitrogênio para o crescimento em altura das plantas, o que levou a uma redistribuição dos fotoassimilados para as panículas, favorecendo uma maior produção de grãos por área e uma redução no enchimento dos grãos (PEREIRA *et al.*, 2020).

Segundo Kelling e Fixen (1992), o nitrogênio exerce grande influência durante a fase de enchimento dos grãos, onde, o seu suprimento favorece a biossíntese de proteínas, no entanto, quando há uma deficiência, os fotoassimilados que seriam convertidos em proteínas, são direcionados para a síntese de carboidratos.

Para a cultivar LD 522 CL, houve diferença estatística entre as colheitas para a produtividade de grãos, na qual, apresentou os maiores valores para a segunda colheita, variando de 12,83 a 15,05 ton.ha⁻¹. No entanto, o incremento das doses de nitrogênio não influenciou na produtividade dos grãos, com exceção da dose de 120 Kg.ha⁻¹, para a segunda colheita.

Estudos realizados por Mauad *et al.* (2003) em Botucatu, São Paulo (Brasil), onde avaliaram diferentes doses de N (5, 75 e 150 mg N kg⁻¹ solo, na forma de uréia) conduzido em casa de vegetação com a cultivar IAC-202, concluíram que o aumento das doses de nitrogênio no arroz não contribuiu para o aumento na produtividade dos grãos, mas sim, na redução. De acordo com eles, o maior perfilhamento e uma maior formação vegetativa, causa o

sombreamento das plantas, reduzindo assim a produtividade de grãos na lavoura.

Para a cultivar XP 123 não houve diferença estatística entre os tratamentos e na época de colheita, com exceção do tratamento controle, que apresentou o menor valor (8,44 ton.ha⁻¹) na primeira colheita.

Nos últimos anos, alguns estudos têm comprovado a diminuição na produtividade em função do aumento das doses de nitrogênio, especialmente para cultivares híbridas de arroz (LIANG *et al.*, 2015; TANG, 2003).

No geral, o rendimento de grãos inteiros foi maior para a segunda colheita para ambas as cultivares. Segundo Siebenmorgen *et al.* (2007), uma colheita realizada com umidade adequada, ao redor de 22%, contribui para um melhor rendimento de grãos inteiros.

Para a cultivar LD 522 CL, as doses de nitrogênio não influenciaram no rendimento de grãos inteiros em ambas as colheitas. No entanto, para a cultivar XP 123, pode-se observar aumento no rendimento para as doses de 120 e 180 Kg.ha⁻¹ para a primeira colheita. Já para a segunda colheita, os valores variaram entre as doses de N, onde os maiores valores foram encontrados para as doses de 0 e 120 Kg.ha⁻¹, com 70,77 e 70,16%, respectivamente. Esses valores obtidos neste trabalho satisfazem com o que as indústrias consideram como um bom rendimento de grãos inteiros, que é acima de 60%.

Segundo Ribeiro *et al.* (2004), quando é feita uma colheita muito antecipada, é provável que o rendimento de grãos inteiros seja menor, devido ao maior número de grãos verdes (imaturos), gessados e mal formados.

Esta pesquisa demonstrou que uma colheita realizada no tempo ideal, ou seja, ao redor de 22% de umidade, pode impactar positivamente no rendimento de grãos inteiros.

5.3.3 Composição proximal

Table 5: Composição proximal dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas umidades de colheita.

Variáveis	Dose de N (Kg.ha ⁻¹)	LD 522 CL		XP 123	
		1° Colheita	2° Colheita	1° Colheita	2° Colheita
Proteínas (%)	0	7,76±0,04 ^{Bb*}	8,79±0,05 ^{Ac*}	7,02±0,00 ^{Bb}	7,38±0,01 ^{Aab}
	60	8,17±0,25 ^{Bb}	9,64±0,58 ^{Ab*}	7,78±0,16 ^{Aa}	7,19±0,10 ^{Bab}
	120	8,89±0,04 ^{Ba*}	10,36±0,16 ^{Aa*}	7,98±0,25 ^{Aa}	7,52±0,05 ^{Ba}
	180	9,21±0,03 ^{Aa*}	7,78±0,29 ^{Bd*}	7,99±0,02 ^{Aa}	6,91±0,04 ^{Bb}
Lipídeos (%)	0	0,59±0,02 ^{Aab}	0,66±0,01 ^{A^{bc}*}	0,64±0,00 ^{Bab}	0,98±0,04 ^{Aa}
	60	0,66±0,13 ^{Aa}	0,45±0,01 ^{Bc}	0,75±0,05 ^{Aab}	0,59±0,01 ^{Bb}
	120	0,61±0,08 ^{Bab*}	1,01±0,14 ^{Aa*}	0,78±0,13 ^{Aa}	0,62±0,03 ^{Ab}
	180	0,42±0,00 ^{Bb*}	0,78±0,16 ^{Ab*}	0,62±0,04 ^{Ab}	0,37±0,00 ^{Bc}
Cinzas (%)	0	0,51±0,01 ^{Aab*}	0,51±0,05 ^{Ab*}	0,45±0,01 ^{Ab}	0,42±0,03 ^{Aa}
	60	0,49±0,05 ^{Aab*}	0,48±0,04 ^{Ab*}	0,39±0,03 ^{Ac}	0,34±0,02 ^{Ab}
	120	0,46±0,06 ^{Bb}	0,51±0,06 ^{Ab*}	0,45±0,02 ^{Ab}	0,44±0,01 ^{Aa}
	180	0,54±0,09 ^{Ba*}	0,57±0,01 ^{Aa*}	0,48±0,03 ^{Aa}	0,37±0,04 ^{Bb}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

O teor de proteína nos grãos é influenciado por diversos fatores como: o manejo, as condições edafoclimáticas e as variações genéticas dentro de cada cultura (CHAMPAGNE *et al.*, 2004).

Conforme a Tabela 5, pode-se observar que o percentual de proteínas variou entre as cultivares para época de colheita. Para a cultivar LD 522 CL, houve aumento significativo no teor de proteínas com o aumento das doses de nitrogênio, para ambas as colheitas, com exceção, do tratamento de 180 kg.ha⁻¹ N, quando colhidos na segunda época. Isso, pode ser explicado pela ocorrência de acamamento em algumas plantas no final do ciclo da cultura, o que diminuiu

a área fotossintética das plantas e contribuiu para a diminuição da biossíntese de proteínas nos grãos.

A cultivar XP 123 apresentou o mesmo comportamento para a primeira colheita, onde, o acréscimo das doses de nitrogênio contribuiu para o aumento no teor de proteínas nos grãos, porém houve redução na segunda colheita para a dose de 180 kg.ha⁻¹ N. Para as épocas de colheita, o teor de proteínas variou de 7,02 a 7,99% e de 6,91 a 7,52%, para a primeira e segunda colheita, respectivamente.

Para a segunda época de colheita, o percentual de proteínas foi menor quando comparado com a primeira colheita, com exceção, do tratamento controle. Isso pode ser explicado por um maior acúmulo de amido no grão, que pode ser respondido pelo maior peso de mil grãos (Tabela 4).

Na dose de 120 Kg.ha⁻¹, para a cultivar LD 522 CL, foi observado um maior teor de proteínas (10,36) para a segunda colheita, esse valor discorda com o que é comumente encontrado na literatura, onde, a média de proteínas nos grãos se encontra em torno dos 7%, (ZHANG *et al.*, 2022; Zhu *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2013; WALTER *et al.*, 2008),

Sing *et al.* (2011) estudaram diferentes níveis de aplicações de nitrogênio (0, 20, 40, 60 kg.ha⁻¹), e observaram um aumento no teor de proteínas nos grãos até a dose de 40 kg.ha⁻¹. Xiong *et al.* (2022), também relataram uma diminuição no teor de proteínas com o aumento da dose de N.

O percentual de lipídeos nos grãos de arroz é baixo, principalmente quando submetidos ao processo de polimento, na qual, o gérmen, que é onde se concentra a maior parte, é removido. Para as cultivares avaliadas neste estudo, o percentual de lipídeos variou de 0,42 a 0,66% e de 0,45 a 1,01%, para a primeira e segunda colheita, respectivamente, para a cultivar LD 522 CL, A cultivar XP 123 variou de 0,62 a 0,78% para a primeira colheita e 0,37 a 0,98% para a segunda colheita.

Assim como o percentual de lipídeos, o teor de cinzas nos grãos também apresentou valores bem baixos, o que concorda com os estudos de Storck *et al.* (2005), na qual, avaliaram a composição proximal de cultivares com diferentes teores de amilose, e encontraram valores menores que 1% para lipídeos e cinzas.

5.3.4 Amilose e textura

Table 6: Perfil texturométrico dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas épocas de colheita.

Variáveis	Dose de N (Kg.ha ⁻¹)	LD 522 CL		XP 123	
		1° Colheita	2° Colheita	1° Colheita	2° Colheita
Amilose (%)	0	23,42±1,68 ^{Aab}	21,95±0,47 ^{Bb*}	26,18±0,17 ^{Aa}	25,64±1,78 ^{Aa}
	60	23,04±0,48 ^{Aab}	22,52±0,60 ^{Aab*}	25,40±1,12 ^{Ab}	26,65±1,21 ^{Aa}
	120	22,61±0,37 ^{Bb*}	24,21±0,42 ^{Aa}	25,87±0,67 ^{Aab}	25,98±0,67 ^{Aa}
	180	24,54±0,74 ^{Aa}	24,36±0,92 ^{Aa}	26,96±0,72 ^{Aa}	26,00±0,49 ^{Aa}
Dureza (g)	0	4507,06±34,82 ^{Bc}	5236,00±18,07 ^{Ab*}	4330,04±73,92 ^{Bc}	5526,91±34,35 ^{Aa}
	60	5070,24±30,22 ^{Bb*}	5949,96±16,39 ^{Aa*}	4419,53±13,22 ^{Bc}	4805,22±18,99 ^{Ab}
	120	5547,55±64,47 ^{Ba*}	5830,48±8,32 ^{Aa*}	4884,02±89,69 ^{Ab}	4681,77±213,99 ^{Ab}
	180	5219,25±9,29 ^{Bb}	6058,33±104,29 ^{Aa*}	5234,56±322,22 ^{Aa}	4189,22±110,72 ^{Bc}
Mastigabilidade (g)	0	465,41±4,82 ^{Bb*}	609,95±0,64 ^{Ab}	370,09±24,91 ^{Bb}	592,42±4,87 ^{Aa}
	60	660,35±9,38 ^{Aa*}	654,84±4,39 ^{Ab*}	466,99±32,09 ^{Aab}	514,78±4,94 ^{Aab}
	120	562,44±7,11 ^{Bab}	684,93±23,37 ^{Ab*}	563,46±44,77 ^{Aa}	419,91±9,58 ^{Bb}
	180	505,79±22,27 ^{Bb}	1053±141,54 ^{Aa*}	475,50±0,29 ^{Aab}	521,94±30,75 ^{Aab}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

Os resultados de teor de amilose, dureza e mastigabilidade estão apresentados na Tabela 6. Os teores de amilose variaram entre as cultivares, sendo observados os maiores valores para as doses de 180 Kg.ha⁻¹ de N, com exceção da cultivar XP 123 para a segunda colheita, em que os valores não diferiram estatisticamente. Para a cultivar LD 522 CL, os valores variaram de 22,61 a 24,54, para a primeira colheita, e de 21,95 a 24,36, para a segunda colheita. Para a cultivar XP 123, os variaram de 25,40 a 26,96 e de 25,64 a 26,65, para a primeira e segunda colheita, respectivamente.

Segundo Techawipharat *et al.* (2008), o arroz pode ser classificado conforme o percentual de amilose, o qual pode ser considerado de baixo teor de amilose (12-20%), de médio teor (20-25%), de alto teor (>25%) e isento ou muito

pouco (ceroso). Conforme os resultados da Tabela 6, os valores para a cultivar XP 123 indicam que a cultivar apresenta um alto teor de amilose, já para a cultivar LD 522 CL, com base na classificação, o arroz se enquadra como de médio teor de amilose.

Singh *et al.* (2011) avaliaram o efeito das doses de nitrogênio de 0, 20, 40 e 60 Kg.ha⁻¹ nas propriedades dos amidos de cultivares de arroz aromático, e observaram uma redução no teor de amilose com o incremento das doses de N. Considerando o mesmo tempo de colheita e as mesmas doses de N, observou-se os maiores valores de amilose para a cultivar XP 123 comparado com a LD 522 CL. Essas diferenças, podem estarem relacionadas com a variação genética das plantas, visto que a cultivar LD 522 CL, é caracterizada por apresentar um teor intermediário de amilose. No entanto, é crucial ressaltar que o manejo, as condições ambientais e de cultivo podem afetar o conteúdo de amilose no grão (MORRISON *et al.*, 1984).

A dureza pode ser definida como a força máxima obtida no primeiro ciclo de compressão até que 90 % da espessura dos grãos cozidos sejam comprimidos (REWTHONG *et al.*, 2011).

Os grãos da cultivar LD 522 CL, apresentaram a maior dureza para a segunda época de colheita, em que o maior valor foi observado para a maior dose de nitrogênio. No entanto, para a cultivar XP 123, os valores variaram entre a época de colheita e entre as doses de nitrogênio, onde, pode-se observar uma maior dureza (5234,56 g) na maior dose, para a primeira colheita.

Segundo Ohtsubo e Nakamura (2022), o percentual de proteínas pode influenciar nas características texturais do arroz, de forma que, o teor de proteínas no grão e a dureza, exercem uma relação diretamente proporcional.

A mastigabilidade é um parâmetro que permite simular a quantidade de mastigações necessárias para tornar o alimento viável de ser ingerido.

Com exceção do tratamento de 120 Kg.ha⁻¹ N, a mastigabilidade foi maior para a segunda colheita em ambas as cultivares. Um maior valor foi encontrado (1053 g), para a cultivar LD 522 CL, proveniente da segunda colheita.

As diferenças entre as cultivares nas propriedades texturais podem ser atribuídas às diferenças nas composições no grão, principalmente pelo teor de proteínas e amilose.

5.3.5 Defeitos (% área opaca)

Table 7: Percentual de grãos gessados, “barriga” e “barriguinha branca” dos grãos submetidos à diferentes doses de N e duas umidades de colheita.

Variáveis	Dose de N (Kg.ha ⁻¹)	LD 522 CL		XP 123	
		1ª Colheita	2ª Colheita	1ª Colheita	2ª Colheita
Gessados (%)	0	0,01±0,01 ^{Ab}	0,06±0,02 ^{Aab}	0,00±0,00 ^{Aa}	0,00±0,00 ^{Aa}
	60	0,14±0,08 ^{Aa*}	0,00±0,00 ^{Bb}	0,00±0,00 ^{Aa}	0,04±0,00 ^{Aa}
	120	0,09±0,06 ^{Aa}	0,15±0,07 ^{Aa*}	0,06±0,04 ^{Aa}	0,03±0,01 ^{Aa}
	180	0,00±0,00 ^{Ab}	0,06±0,02 ^{Aab}	0,06±0,03 ^{Aa}	0,01±0,01 ^{Aa}
Barriga Branca (%)	0	0,51±0,13 ^{Aa}	0,51±0,11 ^{Aa}	0,38±0,15 ^{Aa}	0,69±0,34 ^{Aa}
	60	0,50±0,04 ^{Aa}	0,43±0,04 ^{Aa}	0,48±0,47 ^{Aa}	0,72±0,12 ^{Aa}
	120	0,48±0,12 ^{Aa}	0,74±0,19 ^{Aa}	0,35±0,30 ^{Aa}	0,33±0,02 ^{Aa}
	180	0,32±0,12 ^{Aa}	0,44±0,25 ^{Aa}	0,36±0,28 ^{Aa}	0,28±0,23 ^{Aa}
Barriguinha (%)	0	2,66±0,38 ^{Bb*}	3,09±0,38 ^{Ab*}	0,84±0,14 ^{Bb}	2,09±0,32 ^{Ab}
	60	3,76±0,11 ^{Aab*}	3,90±0,11 ^{Aa*}	1,32±0,16 ^{Ba}	2,83±0,40 ^{Aa}
	120	4,09±0,45 ^{Aa*}	4,17±0,15 ^{Aa*}	1,30±0,47 ^{Ba}	2,95±0,05 ^{Aa}
	180	3,51±0,27 ^{Aab*}	3,08±0,37 ^{Ab}	1,00±0,12 ^{Bab}	2,95±0,10 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

Os grãos gessados são formados quando há ocorrência de altas temperaturas durante a fase de enchimento dos grãos, o que resulta na desorganização das moléculas de amido no interior do endosperma do grão (ZHAO e FITZGERALD, 2013).

De acordo com a Instrução Normativa N°6 de fevereiro de 2009, são considerados grãos gessados os grãos que apresentam mais de 99% de coloração opaca, semelhante ao gesso. O grão gessado ocorre devido à um arranjo desordenado entre as moléculas de amido e proteínas, formando espaços de ar. Estes espaços de ar fazem com que os grãos fiquem mais

suscetíveis à quebra durante o processo de beneficiamento nas indústrias (SHEN, 2000).

Neste estudo, os grãos foram classificados conforme o percentual de área opaca, os grãos gessados foram considerados acima de 99% de área opaca, já os grãos “Barriga” e “Barriguinha” foram considerados os grãos que apresentaram área opaca de 50-99% e de 1-49%, respectivamente.

O percentual de grãos gessados foi maior para a segunda colheita para a cultivar LD 522 CL (Tabela 7), com exceção, do tratamento na dose de 60 Kg.ha⁻¹N. Já, para a cultivar XP 123, os valores variaram entre os tratamentos, sendo os maiores valores encontrados na primeira colheita para as duas maiores doses de N (120 e 180 Kg.ha⁻¹).

Para ambas as cultivares, a incidência de grãos “barriga branca”, não apresentou diferença estatística para as doses utilizadas e para a época de colheita. Para a cultivar LD 522 CL, o percentual de grãos “barriguinha branca” foi maior para a dose de 120 Kg.ha⁻¹ para as duas umidades de colheita. Em contrapartida, para a cultivar XP 123, foi observado um maior percentual de grãos “barriguinha branca”, para a segunda colheita. No geral, a cultivar LD 522 CL, apresentou maior percentual de grãos com área opaca entre 1-49% ($p \leq 0,05$), do que a cultivar XP 123.

5.3.6 Perfil branquimétrico

Table 8: Perfil branquimétrico dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas épocas de colheita.

Variáveis	Dose de N (kg.ha ⁻¹)	LD 522 CL		XP 123	
		1º Colheita	2º Colheita	1º Colheita	2º Colheita
Brancura (%)	0	40,65±0,21 ^{Bb*}	41,35±0,07 ^{Aa}	39,70±0,00 ^{Ba}	41,15±0,21 ^{Ab}
	60	41,65±0,07 ^{Aa*}	41,15±0,21 ^{Ba*}	38,80±0,00 ^{Bb}	40,80±0,14 ^{Ab}
	120	40,80±0,14 ^{Bb*}	41,25±0,07 ^{Aa*}	38,55±0,07 ^{Bbc}	40,20±0,14 ^{Ac}
	180	41,80±0,14 ^{Aa*}	41,15±0,35 ^{Ba*}	38,25±0,21 ^{Bc}	41,90±0,00 ^{Aa}
Transparência (%)	0	3,07±0,07 ^{Ba*}	3,26±0,11 ^{Aab*}	2,82±0,0 ^{Ba}	3,41±0,08 ^{Aa}
	60	2,82±0,01 ^{Bb}	3,16±0,06 ^{Ab*}	2,86±0,05 ^{Ba}	3,40±0,00 ^{Aa}
	120	3,09±0,11 ^{Ba*}	3,32±0,02 ^{Aab}	2,83±0,01 ^{Ba}	3,20±0,03 ^{Ab}
	180	3,23±0,05 ^{Ba*}	3,41±0,05 ^{Aa}	2,76±0,04 ^{Ba}	3,45±0,01 ^{Aa}
Polimento (%)	0	99,00±0,00 ^{Bb*}	103,00±0,00 ^{Aa}	84,50±0,71 ^{Bb}	102,50±0,71 ^{Ab}
	60	102,50±0,71 ^{Aa*}	101,50±0,71 ^{Aa}	87,00±2,83 ^{Bab}	101,50±0,71 ^{Ab}
	120	99,50±0,71 ^{Bb*}	103,00±0,00 ^{Aa*}	88,50±0,71 ^{Ba}	97,50±0,71 ^{Ac}
	180	104,50±0,71 ^{Aa*}	103,00±1,41 ^{Aa*}	86,50±0,71 ^{Bab}	106,00±0,00 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

Os resultados para grau de brancura, transparência e polimento dos grãos estão apresentados na Tabela 8. Para a determinação do perfil branquimétrico, os grãos foram polidos durante 1 minuto, conforme é realizado nas indústrias, com grau de remoção de até 10% de farelo.

As características físicas dos grãos, como brancura, translucidez e polimento estão associadas à qualidade e comercialização do arroz no mercado, tendo em vista que, grãos com aspecto mais esbranquiçado e translúcidos são características relevantes para os consumidores no momento da compra. Além disso, nas indústrias, essas características servem como padrão para homogeneização e controle de qualidade do arroz polido.

No geral, os valores para brancura aumentaram nos grãos provenientes da segunda colheita, para ambas as cultivares, com exceção dos tratamentos nas doses de 60 e 180 Kg.ha⁻¹ para a cultivar LD 522 CL. Isso pode ser explicado pelo maior percentual de grãos “barriguinha branca”, obtidos na segunda colheita para as duas cultivares. No entanto, ao comparar as duas cultivares para a mesma colheita e mesma dose, pode-se observar um maior valor de brancura para a cultivar LD 522 CL, para a primeira colheita.

Logo, o percentual de transparência (Tabela 8), foi maior para ambas as cultivares, para os grãos provenientes da segunda unidade de colheita. O percentual de polimento apresentou o mesmo comportamento, com exceção do tratamento na dose de 60 Kg.ha⁻¹ para a cultivar LD 522 CL.

5.3.7 Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico

Table 9: Comportamento na cocção dos grãos submetidos à diferentes doses de nitrogênio e duas unidades de colheita.

VARIÁVEIS	DOSES	LD 522 CL		XP 123	
	DE N (kg.ha ⁻¹)	1ª Colheita	2ª Colheita	1ª Colheita	2ª Colheita
Tempo de cocção (min.)	0	16,18±0,02 ^{Ab*}	16,06±0,01 ^{Ab*}	13,55±0,01 ^{Aa}	13,30±0,13 ^{Bb}
	60	16,37±0,01 ^{Aab*}	16,14±0,06 ^{Bab*}	13,54±0,01 ^{Aa}	13,64±0,02 ^{Aa}
	120	16,58±0,00 ^{Aa*}	16,06±0,04 ^{Bb*}	13,54±0,09 ^{Aa}	13,32±0,06 ^{Bb}
	180	16,44±0,06 ^{Aa*}	16,36±0,13 ^{Aa*}	13,11±0,02 ^{Bb}	13,34±0,20 ^{Ab}
Rendimento Gravimétrico (%)	0	317,41±0,33 ^{Bbc*}	327,95±0,34 ^{Ad*}	328,98±1,01 ^{Aab}	315,64±0,16 ^{Bbc}
	60	313,63±0,72 ^{Bc*}	328,31±0,08 ^{Ac*}	327,71±0,61 ^{Ab}	318,74±3,24 ^{Aab}
	120	318,01±0,67 ^{Bab*}	329,77±0,26 ^{Ab*}	328,01±1,09 ^{Aab}	313,31±0,68 ^{Bc}
	180	320,80±1,00 ^{Ba*}	332,23±0,26 ^{Aa*}	331,53±0,70 ^{Aa}	321,28±0,39 ^{Ba}
Rendimento Volumétrico (%)	0	330,37±0,78 ^{Bc*}	352,51±0,97 ^{Ab*}	342,03±1,53 ^{Bb}	363,78±3,01 ^{Aa}
	60	343,34±0,31 ^{Ab}	348,05±0,23 ^{Ab*}	349,52±0,61 ^{Ba}	364,79±4,19 ^{Aa}
	120	356,74±1,02 ^{Aa}	349,95±0,84 ^{Bb*}	350,85±3,53 ^{Ba}	364,70±2,52 ^{Aa}
	180	352,58±8,92 ^{Ba}	364,98±3,41 ^{Aa}	350,50±2,51 ^{Ba}	362,36±1,98 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as colheitas para a mesma dose e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma colheita e mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

* representa que houve diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose e mesma colheita ao nível de 5% de significância pelo teste tukey.

De acordo com Juliano e Bechtel (1985), o tempo de cocção é definido quando 90 % dos grãos apresentam a completa gelatinização do amido, que pode ser visto através da translucidez no interior do grão, isso significa que o grão está cozido.

A gelatinização do amido ocorre quando os grânulos são aquecidos em excesso de água e se expandem irreversivelmente, ocasionando desorganização interna molecular nos grânulos de amido, fenômeno conhecido como perda da birrefringência. Essa propriedade, é caracterizada pela presença de uma “Cruz de Malta” quando o amido é suspenso em uma solução aquosa, que pode ser observada com o auxílio de um microscópio sob luz polarizada (LAJOLO e MENEZES, 2006).

O tempo de cocção variou entre as cultivares (Tabela 10), onde a cultivar LD 522 CL apresentou tempo de cocção maior do que cultivar XP 123, para ambas as colheitas. Essa diferença, pode ser explicada devido ao menor percentual de amilose encontrado para a cultivar LD 522 CL (Tabela 6). Isso, faz com que a estrutura molecular do amido contenha uma maior proporção de regiões cristalinas, ou seja, mais amilopectina, que são caracterizadas por apresentar duplas hélices em sua estrutura. Esse arranjo bidimensional dificulta a entrada de água e conseqüentemente sua gelatinização, sendo assim necessário, um maior tempo e energia para quebrar essa estrutura.

Shi *et al.* (2023) avaliaram a influência de duas doses de nitrogênio (0 e 350 Kg.ha⁻¹) no comportamento de cocção do arroz. Eles relataram que uma alta dose de nitrogênio pode ocasionar mudanças nas estruturas dos amidos e das proteínas, pela aderência de corpos proteicos nos amiloplastos, o que dificulta o processo de hidratação e gelatinização do grão durante o cozimento. Isso, pode ser explicado pelos maiores teores de proteínas para a cultivar LD 522 CL, para ambas as colheitas quando comparado com a cultivar XP 123, o que levou à um aumento no tempo de cocção.

De acordo com Saleh (2017), a formação de ligações dissulfídicas entre as proteínas pode ocasionar um aumento na resistência à hidratação dos

grânulos de amido, o que acaba dificultando o processo de encharcamento e expansão dos grânulos durante a cocção.

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico são análises que determinam a capacidade dos grãos em absorverem água durante o processo de cozimento. Conforme a Tabela 9, o rendimento gravimétrico foi maior para a segunda colheita, para a cultivar LD 522 CL, sendo o maior valor o tratamento na maior dose de nitrogênio (332,23%). Entretanto, para a cultivar XP 123, apresentou um comportamento inverso, sendo os maiores valores de rendimento gravimétrico obtidos na primeira colheita, onde o maior valor foi encontrado também para a dose maior de nitrogênio (331,53 %).

O rendimento volumétrico foi maior para a segunda colheita, para ambas as cultivares, com exceção do tratamento na dose de 120 Kg,ha⁻¹, para a cultivar LD 522 CL. Entre a segunda época de colheita, quando combinadas entre as cultivares para mesma dose, houve diferença estatística, onde a cultivar XP 123, apresentou os maiores valores. Isso pode ser explicado pelo maior percentual de amilose o que faz com que os grãos tenham maior proporção de regiões amorfas, e por serem regiões menos densas são facilmente hidratadas durante o processo de cocção.

Para a cultivar LD 522 CL, as doses influenciaram no rendimento volumétrico dos grãos nas duas épocas de colheita avaliadas, no entanto, a cultivar XP 123 não apresentou diferença estatística entre as doses, com exceção do tratamento controle para a primeira época de colheita.

5.3.8 Propriedades térmicas e de pasta e cristalinidade relativa das cultivares XP 123 e LD 522 CL provenientes da segunda época de colheita

Para as análises das propriedades térmicas e de pasta foram utilizadas apenas as farinhas dos grãos das cultivares provenientes da segunda época de colheita, tendo em vista que a umidade de colheita é a mais ideal.

5.3.8.1 Propriedades de pasta

Table 10: Propriedades de pasta do arroz das cultivares XP 123 e LD 522CL em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Parâmetros	Dose de N (Kg.ha ⁻¹)	Cultivar	
		XP 123	LD 522 CL
Temperatura de Pasta (°C)	0	76,73 ± 2,30 ^{Aa}	77,48 ± 0,03 ^{Aa}
	60	79,85 ± 2,19 ^{Aa}	77,00 ± 1,63 ^{Aa}
	120	75,05 ± 4,60 ^{Aa}	75,90 ± 0,07 ^{Aa}
	180	73,45±0,00 ^{Ba}	76,22 ± 0,60 ^{Aa}
Pico De Viscosidade (cP)	0	3429,50 ± 24,75 ^{Aab}	2886,5 ± 4,95 ^{Bc}
	60	3208,00 ± 31,11 ^{Ac}	3032,00 ± 50,91 ^{Abc}
	120	3521,00 ± 33,94 ^{Aa}	3398,50 ± 140,71 ^{Aa}
	180	3404,00 ± 19,80 ^{Ab}	3223,50 ± 51,62 ^{Bab}
Quebra de Viscosidade (cP)	0	571,50 ± 60,10 ^{Ba}	804,00 ± 31,11 ^{Ab}
	60	560,50 ± 41,72 ^{Ba}	846,00 ± 22,63 ^{Aab}
	120	706,50 ± 43,13 ^{Aa}	1011,00 ± 104,65 ^{Aab}
	180	623,00 ± 25,45 ^{Ba}	1053,50 ± 45,96 ^{Aa}
Viscosidade Final (cP)	0	4928,50 ± 198,70 ^{Aa}	3741,00 ± 7,07 ^{Ba}
	60	4833,00 ± 32,53 ^{Aa}	3758,00 ± 56,57 ^{Ba}
	120	5197,50 ± 109,60 ^{Aa}	3946,50 ± 88,39 ^{Ba}
	180	4896,50 ± 7,79 ^{Aa}	3854,00 ± 9,90 ^{Ba}
Retrogradação (cP)	0	2070,50 ± 234,05 ^{Aa}	1658,50 ± 28,99 ^{Aa}
	60	2185,50 ± 43,13 ^{Aa}	1572,00 ± 28,28 ^{Ba}
	120	2383,00 ± 186,68 ^{Aa}	1559,00 ± 52,32 ^{Ba}
	180	2115,50 ± 53,03 ^{Aa}	1684,00 ± 4,24 ^{Ba}

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as cultivares para a mesma dose ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para a mesma cultivar ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

O amido é um componente importante no arroz, na qual, está diretamente relacionado com a qualidade de cocção dos grãos. A análise de RVA permite entender as mudanças que ocorrem durante o aquecimento do amido. De acordo com os resultados da Tabela 10 a temperatura de pasta não diferiu estatisticamente entre as doses de N e entre as cultivares avaliadas, com

exceção, do tratamento de 180 Kg.ha⁻¹ N, na qual, foi observado um menor valor entre as cultivares (73,45°C).

O pico de viscosidade pode ser descrito como a capacidade máxima de absorção de água pelos grânulos de amido (KONG *et al.*, 2015). Os resultados mostraram um maior pico de viscosidade para a cultivar XP 123 com 3521,00 cP, para a dose de 120 Kg.ha⁻¹ N. Já para a cultivar LD 522 CL, os valores variaram de 2886,50 a 3398,50 cP para as dose de 0 e 120 Kg.ha⁻¹ N, respectivamente.

Segundo Cornejo-Ramírez *et al.* (2018), o complexo amilose-lipídeos e a capacidade de inchaço da amilose são os principais fatores que podem influenciar na viscosidade de pico. Li *et al.* (2023), avaliaram cinco doses de nitrogênio em quatro variedades de arroz e descobriram que o incremento da adubação nitrogenada reduziu o pico de viscosidade dos amidos. Este achado concorda com os dados observados neste estudo, onde o aumento da dose ocasionou uma diminuição nos valores para as cultivares estudadas.

A quebra de viscosidade pode indicar uma maior ou menor resistência dos grânulos de amido durante o aquecimento (Liu *et al.*, 2018). Para a cultivar XP 123, os valores para quebra de viscosidade foram menores do que a cultivar LD 522 CL, no entanto, os valores para a viscosidade estabeleceram uma relação contrária, onde foi maior para os amidos da cultivar XP 123. Esse comportamento pode ser explicado pelo conteúdo de amilose nos grãos, onde, para a cultivar LD 522 CL, o percentual é menor, e isso, pode-se associar-se a uma maior proporção de amilopectina, o que devido à uma alta cristalinidade, pode ter retardado o processo de quebra da viscosidade.

A capacidade de retrogradação do amido depende do percentual de amilose lixiviada durante o processo de hidratação dos grânulos, que é causada pela agregação dos grânulos de amido. A cultivar XP 123 apresentou os maiores valores, isto está de acordo, visto que a cultivar possui um maior percentual de amilose. Além disso, os percentuais de proteínas nos grãos podem restringirem a retrogradação do amido. Essas interações das proteínas com a amilose lixiviada ocorrem por ligações de hidrogênio, forças hidrofóbicas e eletrostáticas (PANG *et al.*, 2022).

5.3.8.2 Difração de raios-X

Figura 7 - Difração de raios X das cultivares XP 123 (A) e LD 522 CL (B) em resposta à diferentes doses de nitrogênio.

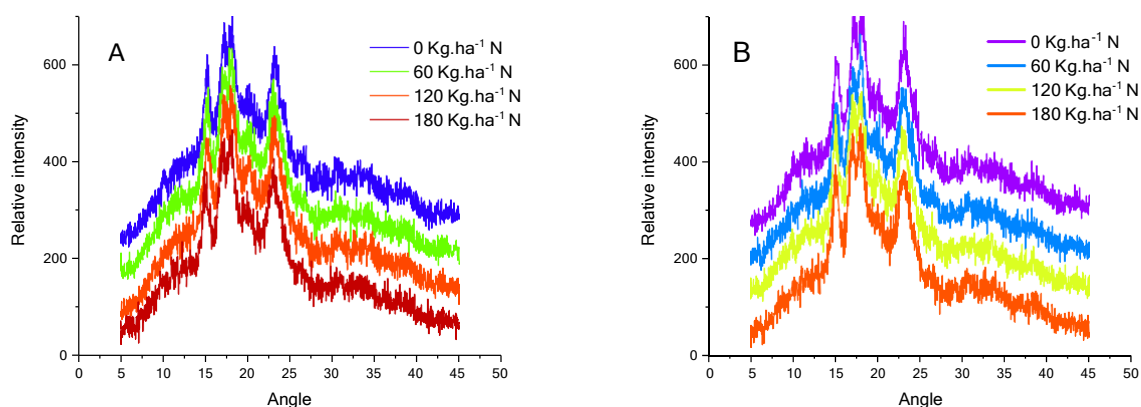


Table 11: Cristalinidade relativa das farinhas em resposta à diferentes doses de nitrogênio.

Doses de N (Kg.ha ⁻¹)	Cristalinidade Relativa (%)	
	XP123	LD 522 CL
0	29,69	34,22
60	28,78	33,43
120	26,44	31,00
180	26,17	30,24

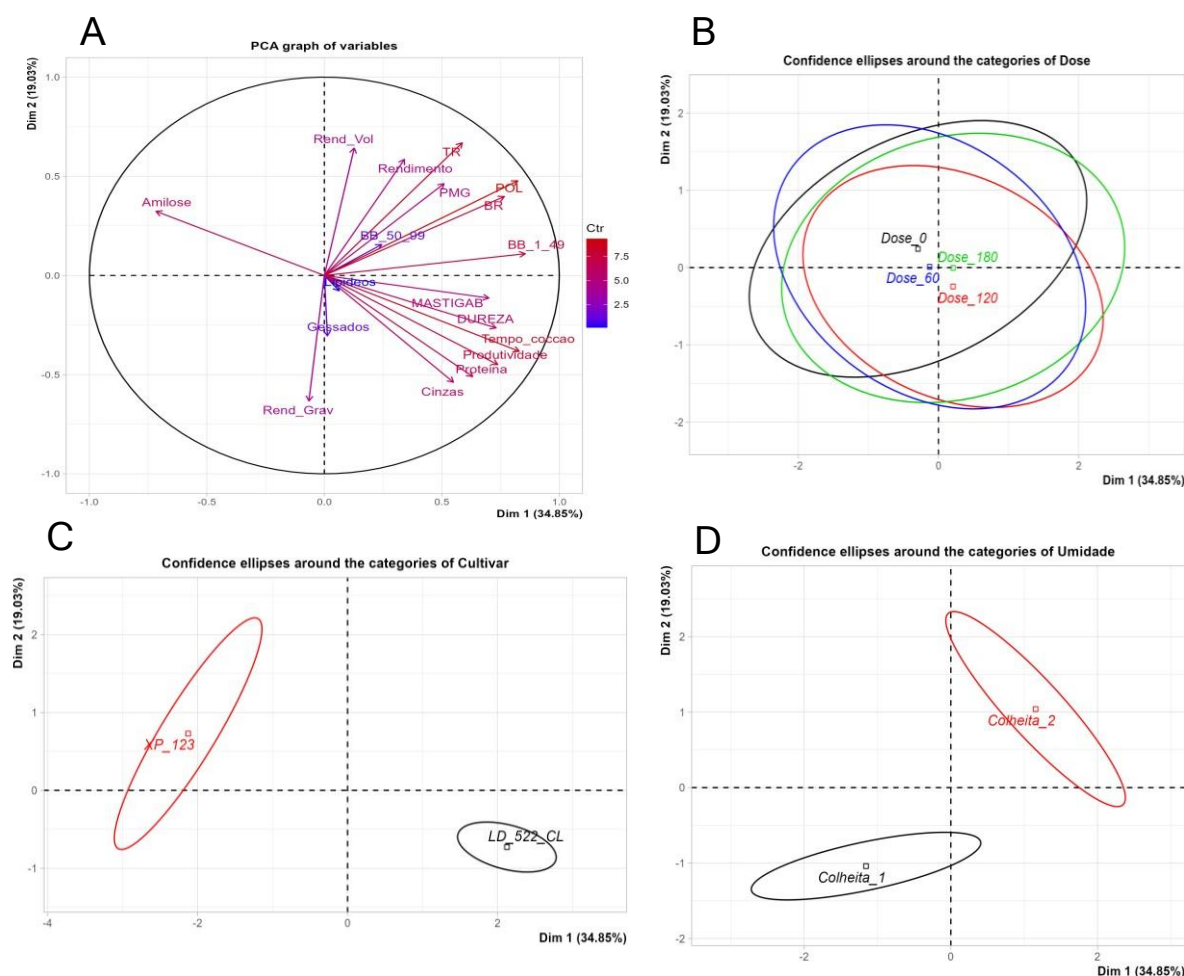
O padrão de difração de raios-X das farinhas das cultivares XP 123 e LD 522 CL estão apresentados na Figura 7. Todos os tratamentos apresentaram padrão do tipo A, com fortes picos em 15°, 17°, 18° e 23°. Isso indicou que a adubação nitrogenada não alterou o tipo de cristalinidade do amido. No entanto, a cristalinidade foi diminuída com o incremento da adução de N (Tabela 11).

Os amidos são constituídos por amilose e amilopectina, no entanto, é a amilopectina que determina o grau de cristalinidade, principalmente pelas suas cadeias mais longas (YANG *et al.*, 2020). As principais enzimas responsáveis por regular a distribuição do tamanho das cadeias são as sintases de amido (SS), as enzimas de ramificação (SBE) e as enzimas desramificadoras (DBE).

Os resultados indicaram uma diminuição na cristalinidade dos amidos com o aumento das doses de nitrogênio (Tabela 11). Isso pode ser justificado, pelo aumento no conteúdo de amilose (Tabela 6), causada por alterações nas ligações α 1-4. Além disso, o excesso no conteúdo de amilose pode prejudicar à densidade do anel de crescimento semicristalino do amido, que é composto por cadeias curtas de amilopectina dispostas em dupla hélice (ZHANG *et al.*, 2016). Essas cadeias curtas ficam mais suscetíveis à degradação pelas amilases, fazendo com que a proporção de amilopectina diminua.

5.3.9 Análise de componentes principais (PCA)

Figura 8 - Gráfico de análise de componentes principais: relações entre as propriedades físico-químicas dos grãos (A) e elipses de confiança para doses (B), cultivar (C) e colheita (D).



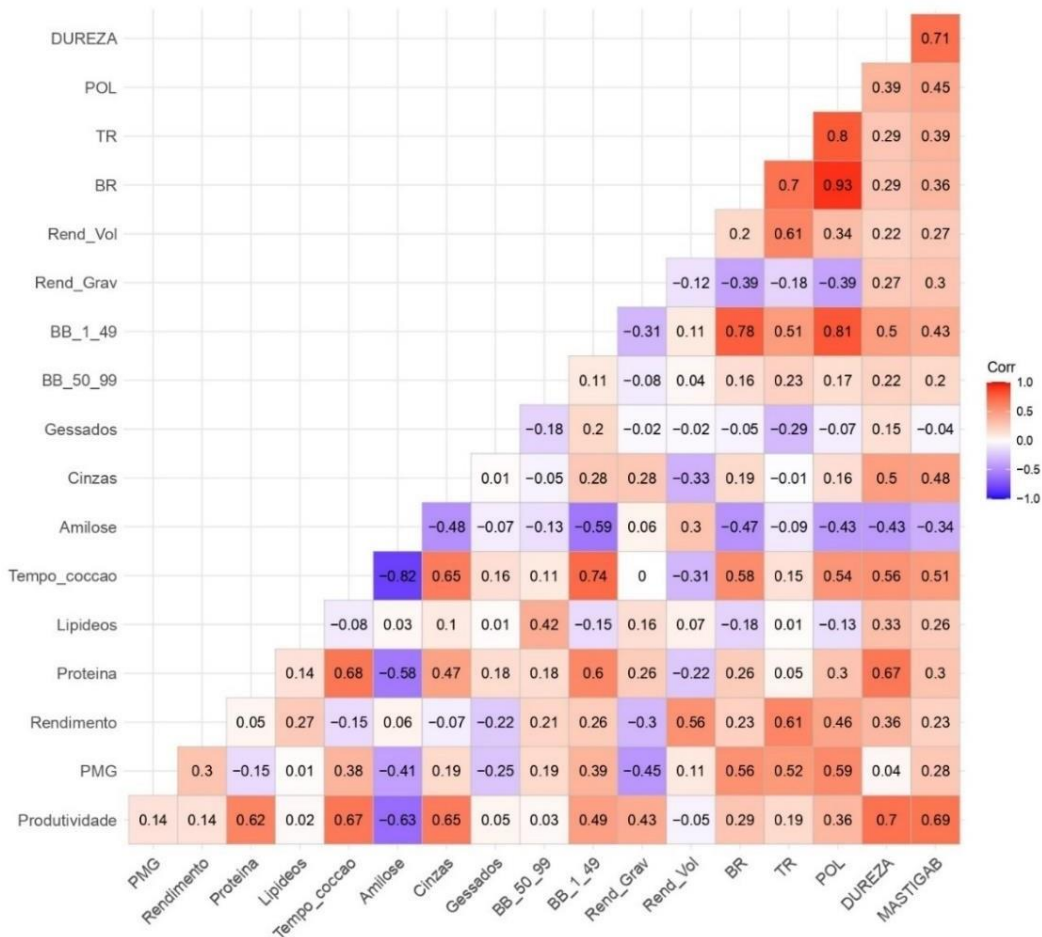
O PCA revelou as interações entre as variáveis estudadas. Com base na Figura 8A, pode-se observar uma forte relação negativa entre o teor de amilose e o tempo de cocção, o que pode ser demonstrado nas Tabelas 6 e 9, onde a cultivar LD 522 CL apresentou um menor percentual de amilose e, consequentemente, um maior tempo de cocção. Além disso, um comportamento inverso foi observado para a cultivar XP 123, onde um maior teor de amilose diminuiu o tempo de cocção dos grãos.

Esse comportamento pode ser explicado por uma maior presença de regiões cristalinas (amilopectina) para a cultivar LD 522 CL. Essas regiões, são caracterizadas por apresentarem um formato de duplas hélices em sua estrutura, o que dificulta a entrada de água durante a cocção dos grãos, necessitando de um maior tempo para que ocorra a gelatinização do amido.

As Figuras 8B, 8C e 8D, representam as elipses de confiança no qual determinam o quão distintas estão as amostras para as variáveis doses, cultivar e colheita. De acordo com a Figura 8B, as doses não apresentaram distinção entre si, uma vez que as elipses estavam praticamente sobrepostas. No entanto, para as variáveis colheita e cultivar (Figura 8C e 8D), as elipses mostraram grande distinção entre essas variáveis, de modo que as elipses estavam bem afastadas.

5.3.10 Correlação de Pearson

Figura 9 - Análise de correlação de Pearson.



Com relação ao perfil texturométrico, as variáveis mastigabilidade e dureza apresentaram uma correlação positiva (0,71). Essa correlação é esperada, pois um alimento com maior dureza necessita de um maior número de mastigações para torná-lo viável de ser ingerido.

Na Figura 9, correlações positivas foram encontradas entre transparência e polimento (0,80), brancura e transparência (0,70) e entre a brancura e o polimento (0,93). Esses resultados sugerem que grãos com maior grau de polimento apresentarão aspectos mais brancos e translúcidos. Assim como, a incidência de grãos opacos (barriguinha branca) proporciona um aumento no

grau de brancura, o que pode ser verificado pela correlação positiva (0,78) entre eles e entre o grau de polimento (0,81).

O tempo de cocção foi negativamente correlacionado com o teor de amilose (- 0,82), assim, indicando que um grão com menor amilose maior será o tempo de cocção, e isso, pode ser devido à uma maior proporção de amilopectina, especialmente de cadeias médias e longas. Essa fração é responsável pelo aumento na expansão do grânulo de amido durante o cozimento, dificultando o processo de entrada de água no interior do grão.

Ainda, foi encontrado uma correlação positiva (0,67) entre proteína e dureza. O aumento no percentual de proteína no grão pode influenciar nas características texturais do arroz, onde exercem uma relação diretamente proporcional (OHTSUBO E NAKAMURA, 2022). Do mesmo modo, foi demonstrado uma correlação positiva entre o teor de proteína e o tempo de cocção (0,68). O tempo de cocção pode ser influenciado pelo teor de proteínas, de forma que a sua estrutura afeta a hidratação e dispersão do amido durante o início da cocção (MARTIN & FITZGERALD, 2002).

Uma correlação negativa (-0,58) foi encontrada entre proteína e amilose. Durante a fase de enchimento dos grãos, ocorre uma competição por fotoassimilados para a síntese de proteínas e de amido, o que pode favorecer um dos componentes, especialmente em condições de manejo como a fertilização nitrogenada.

Table 12:Resumo da significância da análise de variância das interações entre cultivar, dose e colheita.

Variáveis	Quadrados médios								
	Produtividade	PMG	Rendimento	Proteína	Lipideos	Tempo de Cocção	Amilose	Cinzas	Gessados
Cultivar	79,2037**	3,13144**	0,72415 ^{ns}	14,62526**	0,00362 ^{ns}	65,33588**	60,71937 ^{ns}	0,06528**	0,0032 ^{ns}
Dose	1,26386 ^{ns}	1,0908**	1,78494*	1,13516**	0,07501**	0,03612**	2,2386 ^{ns}	0,0063*	0,01019 ^{ns}
Colheita	12,99174**	2,50774**	42,36877**	0,07551**	0,0186 ^{ns}	0,15184**	0,06186 ^{ns}	0,00218 ^{ns}	0,01361 ^{ns}
Cultivar * Dose	2,29903*	1,07876**	0,64895 ^{ns}	0,37729**	0,04564**	0,11101**	0,69439 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,00961 ^{ns}
Cultivar*Colheita	30,4395**	4,7749**	4,64881 ^{ns}	2,31421**	0,09014**	0,08373**	0,02327 ^{ns}	0,00902*	0,00045 ^{ns}
Dose*Colheita	1,94009 ^{ns}	0,5312*	4,07903**	1,67737**	0,05688**	0,07092**	1,43717 ^{ns}	0,00112 ^{ns}	0,000004 ^{ns}
Cultivar*Dose*Colheita	1,50819 ^{ns}	0,36923 ^{ns}	3,38355**	0,71812**	0,09777**	0,02439*	1,12304 ^{ns}	0,00134 ^{ns}	0,00578 ^{ns}
CV (%)	7,37	1,33	0,97	2,42	11,52	0,53	3,64	8,94	89,74
GL	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Resíduo	0,68539	0,1265	0,42905	0,03892	0,00576	0,00612	0,80834	0,00172	0,00374

**Efeito significativo ($p < 0,01$); *Efeito significativo ($p < 0,05$), ^{ns}Efeito não significativo; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

Variáveis	Quadrados médios								
	BB 50 99%	BB 1 49%	Rendimento Gravimétrico	Rendimento Volumétrico	Brancura	TRA	POL	Dureza	Mastigabilidade
Cultivar	0,01445 ^{ns}	21,04383**	1,05078 ^{ns}	312,85385**	13,65031**	0,0512**	480,5**	3574621,93662**	202175,97941**
Dose	0,05594 ^{ns}	1,41564**	35,00485**	171,2035**	0,53365**	0,03345**	14,08333**	174595,5079**	22954,50941**
Colheita	0,07605 ^{ns}	5,42028**	0,16622 ^{ns}	1132,93712**	9,57031**	1,24031**	544,5**	1174767,80979**	120514,84662**
Cultivar * Dose	0,06011 ^{ns}	0,19826 ^{ns}	10,11064**	87,81647**	0,49865**	0,05109**	0,25 ^{ns}	468031,42231**	17423,34399**
Cultivar*Colheita	0,00151 ^{ns}	4,70478**	1143,73847**	114,54471**	9,57031**	0,2048**	392**	717410,3328**	50542,84232**
Dose*Colheita	0,00709 ^{ns}	0,00403 ^{ns}	8,3479**	116,36253**	0,19031**	0,00857 ^{ns}	9,58333**	501586,20597**	41401,48794**
Cultivar*Dose*Colheita	0,05462 ^{ns}	0,20588 ^{ns}	1,92963 ^{ns}	51,4237**	1,26698**	0,01438*	20,58333**	469094,27171**	38250,32564**
CV (%)	1,33	10,55	0,32	0,88	0,39	1,79	0,99	2,17	7,07
GL	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Resíduo	0,04686	0,08244	1,03803	9,5673	0,02531	0,00315	0,9375	12188,40589	1624,79823

Table 13: Resumo da significância da análise de variância das interações entre cultivar, dose e colheita.

**Efeito significativo ($p < 0,01$); *Efeito significativo ($p < 0,05$), ^{ns}Efeito não significativo; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação.

5.4 Conclusões

. A produtividade para a cultivar LD 522 CL aumentou quando os grãos foram colhidos com a umidade de 20%. Além disso, a segunda colheita aumentou o rendimento de grãos inteiros para ambas as cultivares. O incremento da adubação nitrogenada reduziu o teor de proteínas no grãos.

O teor de amilose variou entre as doses, sendo maior nas doses mais elevadas de N. A maior incidência de grãos opacos se deu no segundo momento de colheita, assim como, para a segunda colheita o perfil branquimétrico foi melhor para ambas as cultivares.

O tempo de cocção foi menor para a cultivar XP 123 (em média 13 minutos) em comparação com a cultivar LD 522 CL (16 minutos). As propriedades térmicas e de pasta variaram entre as cultivares, e a cristalinidade relativa aumentou com o incremento da adubação de N.

Houve uma forte interação negativa entre amilose e o tempo de cocção

6 Estudo 2: Influência do armazenamento à 26°C no comportamento de cocção das cultivares XP 123 e LD 522 CL

6.1 Introdução

O arroz é considerado um dos principais alimentos da cesta básica para grande parte da população mundial. É um alimento que possui uma gama de preparações, seja na forma de risotos, em comidas típicas japonesas ou na sua forma tradicional. O arroz branco acompanhado do feijão, é considerado um prato típico tradicional da cultura brasileira, na qual, juntos fornecem uma refeição completa.

No Brasil, o tipo mais consumido é o arroz branco beneficiado, na forma de grãos longos e finos. A qualidade do arroz tem se tornado um critério importante à medida que o nível de renda per capita aumenta. E para ser considerado um padrão de qualidade e que atenda esses novos consumidores, o arroz precisa apresentar algumas características cruciais como translucidez, baixo índice de defeitos (quebrados), além de características culinárias como menor tempo de cocção, maciez e soltabilidade após o resfriamento (BASSINELLO *et al.*, 2004).

No decorrer dos últimos anos, as alterações oriundas da modernização da agricultura, vêm levando ao crescimento produtivo de alimentos, especialmente determinadas espécies de grãos como arroz, cevada, soja, trigo e milho. Contudo, o acréscimo na produtividade traz uma necessidade de uma armazenagem que permita guardar esses produtos por um intervalo de tempo maior, e assim, preservar as características dos grãos (BARONI; BENEDETI e SEIDEL, 2017).

A importância na armazenagem de grãos está na preservação da qualidade do produto provenientes do campo e, portanto, práticas agrícolas adequadas devem ser efetuadas no decorrer dos procedimentos que englobam a armazenagem. No Brasil, há um aumento devagar na capacidade de se armazenar, enquanto a produtividade agrícola se eleva numa velocidade maior que o aumento da armazenagem (LUFT, 2018).

As características culinárias dos grãos são influenciadas por diversos fatores, tais como a composição química do grão, fatores genéticos e o manejo

pós-colheita, que engloba desde o beneficiamento até o armazenamento desses grãos. O processo de envelhecimento do arroz consiste em mudanças intra e intermoleculares que modificam as propriedades físico-químicas dos grãos durante o armazenamento (FONSECA e CASTRO, 2008).

Com isso, objetivou-se neste estudo, avaliar o comportamento de cocção das cultivares XP 123 e LD 522 CL armazenadas por um período de 6 meses à uma temperatura de 26 °C.

6.2 Material e métodos

6.2.1 Material

Foram utilizados os grãos das cultivares XP 123 e LD 522 CL provenientes da segunda colheita e do manejo de nitrogênio de 0 e 120 Kg.ha⁻¹ do Estudo 1. As amostras com 13 % de umidade foram armazenadas em BOD (Biochemical Oxygen Demand, Marca EletroLab, modelo EL 131/3) (Figuras 10 e 11), com controle de temperatura a 26 ± 1 °C por 6 meses, e avaliadas a cada 2 meses, sobre o rendimento de grãos inteiros, tempo de cocção, rendimentos gravimétrico e volumétrico e soltabilidade dos grãos.

Figura 10 - BOD (Biochemical Oxygen Demand).

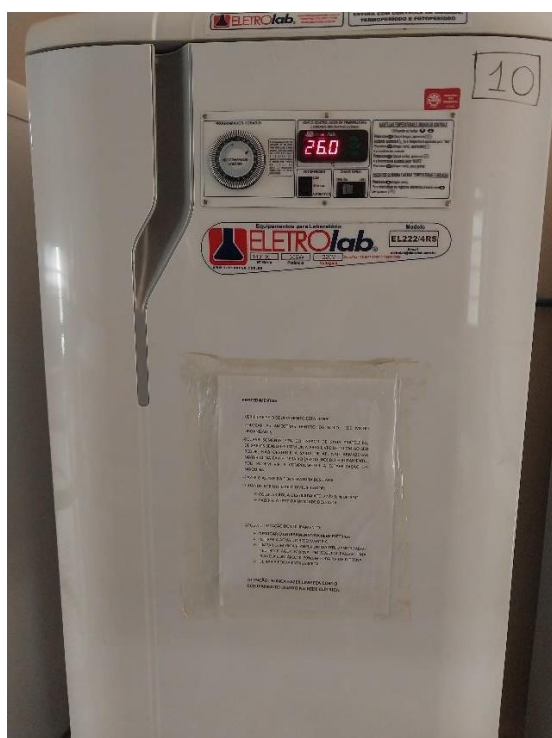


Figura 11 - Amostras armazenadas.

6.2.2 Métodos

6.2.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental do Estudo 2 está representado na Tabela 18. O estudo é composto por 16 tratamentos, tendo como variáveis independentes duas cultivares, duas doses de N e quatro períodos de armazenamento.

Table 14: Alterações no comportamento na cocção dos híbridos XP 123 e LD 522 CL ao longo do armazenamento na temperatura de 26°C.

TRATAMENTO	Variáveis independentes			Variáveis dependentes
	Cultivar	Dose (Kg.ha ⁻¹)	Tempo de armazenamento (meses)	
1	LD 522 CL	0	0	Rendimento de inteiros
2	XP 123	120	2	Soltabilidade na cocção (visual)
3			4	Rendimento gravimétrico de cocção

...	6	Rendimento volumétrico de cocção
16		

6.2.2.2 Rendimento de inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi analisado seguindo o padrão oficial de classificação de arroz, que consta na IN 6/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (BRASIL, 2009a). Primeiramente, 100g de arroz foram descascados e polidos por 60 segundos. Após isso, foi feita a separação de grãos inteiros e quebrados por um cilindro alveolado (*trieur*), durante 60 segundos. Após isso, com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Santo Amaro, SP, Brasil), foram feitas revisões no comprimento nos grãos inteiros e quebrados. Foram considerados grãos quebrados os grãos com comprimento inferior à 4,5mm conforme descrito na IN MAPA 06/2009 (BRASIL, 2009a). O percentual de grãos inteiros foi calculado conforme a seguinte equação:

$$\text{Grãos inteiros (\%)} = (\text{Peso dos grãos inteiros(g)} / \text{Peso do arroz em casca (g)}) \times 100$$

6.2.2.3 Tempo de cocção

O tempo de cocção foi determinado de acordo com o teste Ranghino (JULIANO e BECHTEL, 1985), primeiramente, 10 g de arroz polido foram colocadas em um béquer contendo 150 mL de água destilada fervente ($98 \pm 1^\circ\text{C}$), sobre uma chapa de aquecimento, começando a contagem do tempo de cocção. Após 10 minutos, a cada minuto foi verificado se já estavam cozidos, amassando 10 grãos contra duas placas de vidro. O tempo de cocção foi considerado quando 90% dos grãos não apresentavam o centro branco. Os resultados foram expressos em minutos.

6.2.2.4 Rendimento gravimétrico e volumétrico de cocção

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico dos grãos foram determinados seguindo os métodos descrito por Yadav e Jindal (2007) e Batista (2019), com

algumas modificações. Aproximadamente 4,5 g de grãos polidos foram pesados em tubos de falcon de 50 mL e imersos em 11,25 mL de água destilada fervente. Antes disso, foram feitos testes para verificar a melhor proporção de água, onde a melhor proporção ficou 1:2,5. Após a imersão dos grãos em água, os tubos foram então imersos em banho maria à 100°C e deixadas durante seus tempos de cocção. Posteriormente, as amostras foram recolhidas e transferidas para um banho de gelo e deixadas para arrefecer durante 2min. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram expressos em percentuais (%) levando em consideração o peso inicial dos grãos (secos) em relação ao seu peso final (cozidos), assim como o volume inicial dos grãos (secos) em relação ao seu volume final (cozidos) bem como as dimensões de cada tubo.

6.2.2.5 Soltabilidade na cocção (sensorial)

A avaliação da soltabilidade dos grãos após a cocção foi realizada com análise sensorial visual de acordo com a metodologia adaptada de Lima *et al.* (2006). Após a cocção dos grãos, de acordo com os tempos pré-estabelecidos, foi avaliada a soltabilidade conforme a escala de notas, a seguir:

- 1: Extremamente solto;
- 2: Muito solto;
- 3: Solto;
- 4: Ligeiramente solto;
- 5: Pegajoso;
- 6: Muito pegajoso;
- 7: Extremamente pegajoso.

6.2.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Tukey para comparação de médias entre as doses e entre os meses de armazenamento, observando o nível de 5% de significância.

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Rendimento de inteiros e comportamento de cocção da cultivar XP

123

Os valores para rendimento de grãos inteiros não apresentaram diferença estatística para o tempo de armazenamento e para as doses de nitrogênio, com exceção do segundo mês de armazenamento para a dose de 120 Kg.ha⁻¹, em que apresentou um valor menor com 68,71% (Tabela 19). Para as indústrias arroseiras, um rendimento de grãos inteiros superior a 60% é considerado um valor adequado para ser considerado um bom rendimento. Além disso, esse parâmetro é relevante para os produtores e cerealistas por definir o valor de comercialização do arroz em casca (Elias *et al.*, 2012).

Table 15: Efeitos do tempo de armazenamento à 26 °C no rendimento de grãos inteiros e no comportamento de cocção da cultivar XP 123.

Doses de N (kg.ha ⁻¹)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
Rendimento de grãos inteiros (%)				
0	70,68 ± 0,23Aa	70,09 ± 0,36Aa	70,28 ± 0,66Aa	71,23 ± 0,78Aa
120	70,31 ± 0,28Aa	68,71 ± 0,17Bb	71,16 ± 0,11Aa	70,24 ± 0,68Aa
Tempo de cocção (min.)				
0	13,24 ± 0,14Ca	13,39 ± 0,09BCa	13,66 ± 0,05ABa	13,87 ± 0,12Aa
120	13,15 ± 0,18Ba	13,39 ± 0,26Ba	13,63 ± 0,09ABa	13,88 ± 0,15Aa
Rendimento gravimétrico (%)				
0	315,22 ± 0,74Ca	331,65 ± 6,21Aa	331,66 ± 1,11Aa	321,35 ± 0,69Ba
120	312,76 ± 1,06Bb	323,99 ± 5,08ABa	328,49 ± 2,95Aa	321,50 ± 2,64ABa
Rendimento volumétrico (%)				
0	361,73 ± 4,14Ba	374,49 ± 4,92Ab	374,62 ± 5,50Aa	364,00 ± 2,15ABa
120	361,22 ± 6,29Ba	390,15 ± 7,36Aa	374,09 ± 4,24Ba	371,77 ± 5,96Ba
Notas de solubilidade				
0	5,33 ± 0,50Aa	5,33 ± 0,50Aa	4,33 ± 0,58ABa	3,67 ± 0,58Ba
120	5,67 ± 0,58Aa	5,33 ± 0,50Aa	4,67 ± 0,58ABa	3,67 ± 0,58Ba

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre os tempos de armazenamento para a mesma dose ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para o mesmo tempo de armazenamento ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Notas atribuídas para a análise de soltabilidade: 1: Extremamente solto; 2: Muito solto; 3: Solto; 4: Ligeiramente solto; 5: Pegajoso; 6: Muito pegajoso; 7: Extremamente pegajoso.

Segundo Vidal *et al.* (2005), as diferenças encontradas para o rendimento de grãos inteiros entre as cultivares são influenciadas pela morfologia dos grãos e não pelo teor de proteínas. Portanto, após os seis meses de armazenamento as diferenças entre os rendimentos de grãos inteiros para a cultivar XP 123 não foram tão nítidas.

O tempo de cocção aumentou após os 4 meses de armazenamento para ambas as doses de nitrogênio. O aumento no tempo de cocção dos grãos com o passar do tempo pode ser explicado pelas mudanças intragranulares que ocorrem nas estruturas do amido, bem como a intensificação das ligações dissulfídicas pelos corpos proteicos, o que pode dificultar a entrada de água no interior do grão, e consequentemente, aumentar o tempo para a completa gelatinização do amido. No entanto, o incremento na adubação nitrogenada não influenciou no tempo de cocção.

Os valores apresentados na Tabela 19 para o rendimento gravimétrico demonstram aumento até o quarto mês de armazenamento, para as duas doses estudadas. O menor valor (312,76%) foi observado para a dose de 120 Kg.ha⁻¹ de N, quando não armazenado.

Os maiores valores para rendimento volumétrico foram encontrados para os grãos provenientes do quarto e segundo mês para as doses de 0 e 120 Kg.ha⁻¹ N, respectivamente.

A diminuição nos rendimentos com o passar do tempo de armazenamento tem sido atribuída à uma maior dificuldade para a entrada de água no interior dos grãos causada por mudanças na estrutura do endosperma (KAMISNKI, 2012) (ZHOU *et al.*, 2007).

Diversos estudos tem investigado as alterações que ocorrem durante o envelhecimento ou também denominado de maturação pós-colheita do arroz. Estudos tem relatado complexação de ácidos graxos livres com moléculas de proteína, amilose e principalmente com cadeias longas de amilopectina ao longo do armazenamento, além disso, uma reorganização na estrutura dos grânulos

de amido e das ligações dissulfídicas entre proteínas e alterações nas estruturas das paredes celulares também foram observadas (SOWBHAGYA e BHATTACHARYA, 2001; ZHOU *et al.*, 2002; SODHI *et al.*, 2003).

A soltabilidade do arroz aumentou após o tempo de armazenamento, onde aos 6 meses as notas para ambas as doses indicaram grãos com características após a cocção soltos a ligeiramente soltos.

O envelhecimento do arroz consiste em mudanças químicas, físicas e biológicas que ocorrem durante o armazenamento dos grãos e pode ser influenciado por diversos fatores como a umidade dos grãos e a temperatura de armazenamento. Segundo Meullenet *et al.* (2000), quando o arroz é armazenado em temperaturas elevadas, a tendência é produzir grãos mais soltos após a cocção.

Com isso, o aumento da temperatura pode se tornar uma técnica viável para melhorar as características culinárias dos grãos em um menor tempo de armazenamento, no entanto, é necessário um maior cuidado, visto que altas temperaturas associada à uma umidade elevada pode contribuir com problemas metabólicos dos grãos, e consequentemente, afetar a sua qualidade.

6.3.2 Rendimento de inteiros e comportamento de cocção da cultivar LD 522 CL

Table 16: Efeitos do tempo de armazenamento à 26 °C no rendimento de grãos inteiros e no comportamento de cocção da cultivar LD 522 CL.

Doses de N (kg.ha ⁻¹)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
Rendimento de grãos inteiros (%)				
0	68,61 ± 0,14Ba	69,59 ± 0,50Aa	69,15 ± 0,57Aba	69,68 ± 0,22Aa
120	68,67 ± 0,05Aa	69,84 ± 0,11Aa	69,35 ± 0,64Aa	69,43 ± 0,47Aa
Tempo de cocção (min)				
0	16,07 ± 0,02Ba	15,86 ± 0,13Ba	16,88 ± 0,08Aa	16,73 ± 0,14Aa
120	15,95 ± 0,21Ba	15,74 ± 0,16Ba	16,65 ± 0,07Ab	16,76 ± 0,12Aa
Rendimento gravimétrico (%)				
0	326,88 ± 1,86ABb	328,26 ± 6,21ABa	328,92 ± 2,11Aa	322,52 ± 0,69Ba
120	330,15 ± 0,69ABa	334,47 ± 5,08Aa	329,71 ± 4,36Aba	320,13 ± 2,64Ba
Rendimento volumétrico (%)				
0	349,22 ± 5,73Ba	375,80 ± 2,90Aa	365,18 ± 3,19Aa	362,76 ± 7,54ABa
120	355,08 ± 8,89Ba	378,16 ± 6,79Aa	365,31 ± 6,66Aba	358,04 ± 8,79ABa
Notas de soltabilidade				
0	6 ± 0,82Aa	6 ± 0,00Aa	5,33 ± 0,50Aba	4,33 ± 0,50Ba
120	6 ± 0,50Aa	5,67 ± 0,50Aa	5,67 ± 0,58Aa	4 ± 0,82Ba

Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre os tempos de armazenamento para a mesma dose ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística significativa entre as doses para o mesmo tempo de armazenamento ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Notas atribuídas para a análise de soltabilidade: 1: Extremamente solto; 2: Muito solto; 3: Solto; 4: Ligeiramente solto; 5: Pegajoso; 6: Muito pegajoso; 7: Extremamente pegajoso.

O rendimento de grãos inteiros variou entre os períodos de armazenamento, sendo os menores valores para os grãos não armazenados, no entanto, não houve diferença estatística para as doses avaliadas (Tabela 20). O arroz que ainda não foi armazenado tende a apresentar um menor rendimento

de inteiros devido a não aglomeração entre os grânulos de amido, deixando-os menos resistentes aos processos mecânicos (TONG *et al.*, 2019). O aumento no rendimento de grãos inteiros com o aumento no tempo de armazenamento também foi observado por Soponronnarit *et al.* (2008).

O tempo de cocção aumentou com o aumento do tempo de armazenamento, sendo os maiores valores com 16,88 minutos para a dose 0 Kg.ha⁻¹ e 16,76 minutos para a dose de 120 Kg.ha⁻¹, para o quarto e sexto mês, respectivamente (Tabela 20). As mudanças intra e intermoleculares dos grãos que ocorrem durante o armazenamento tendem a dificultar o processo de entrada de água durante a cocção, fazendo com que o tempo para que esses grãos fiquem completamente cozidos seja maior. Esses resultados concordam com os achados na literatura, uma vez que o aumento no tempo de armazenamento propicia um cozimento mais longo dos grãos (TRAN *et al.*, 2005) (ZHOU *et al.*, 2002) (ZHOU *et al.*, 2007). Além disso, é provado que o aumento no tempo de armazenamento induz a complexação de ácidos graxos livres com o amido o que acaba contribuindo para a oxidação de proteínas que pode retardar o processo de entrada de água e consequentemente a sua gelatinização (SHI *et al.*, 2017).

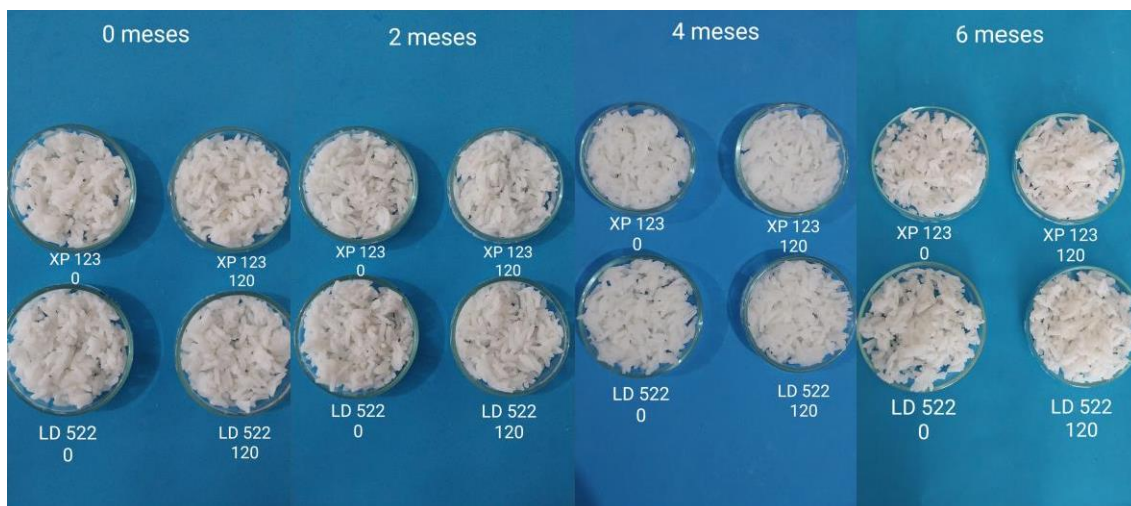
O rendimento gravimétrico apresentou variações entre os meses, sendo os menores valores para os grãos avaliados no sexto mês de armazenamento. Já, os maiores valores para rendimento volumétrico foram observados aos dois meses de armazenamento com 375,8 e 378,9% para as doses de 0 e 120, respectivamente.

As notas de soltabilidade variaram de 6 a 4, variando de muito pegajoso a ligeiramente solto, respectivamente. A soltabilidade do arroz é um dos parâmetros de qualidade mais apreciados pelos consumidores brasileiros, no entanto, para a cultivar LD 522 CL, as notas evidenciaram um arroz mais grudento aos primeiros meses de armazenamento, o que pode ser explicado pelo conteúdo de amilose intermediário, que confere ao arroz um aspecto mais pastoso após a cocção.

O arroz recém colhido, tende a apresentar algumas características na cocção que são consideradas indesejáveis para os consumidores, produzindo grãos pastosos e pegajosos. Diante disso, o arroz armazenado por um determinado tempo tende a melhorar essas características, proporcionando

grãos mais soltos após a cocção (Figura 12). No entanto, embora o tempo de armazenamento tenha apresentado uma melhora no comportamento de cocção da cultivar LD 522 CL, as características apresentadas após os seis meses de armazenamento não satisfazem a aceitação e preferência dos consumidores brasileiros.

Figura 12 - Mudanças no comportamento de cocção das cultivares ao longo do armazenamento.



6.4 Conclusões

O rendimento de grãos inteiros não foi influenciado pelo tempo de armazenamento.

O tempo de cocção aumentou com o passar do tempo para ambas as cultivares. No entanto, os rendimentos gravimétrico e volumétrico diminuíram aos 6 meses de armazenamento para a cultivar LD 522 CL.

O tempo de armazenamento apresentou uma tendência no aumento da solubilidade dos grãos para ambas as cultivares.

7 Considerações finais

Com este estudo, espera-se que os resultados possam auxiliar aos programas de melhoramento, pesquisadores, agricultores e indústrias da área, a entender sobre as diferenças qualitativas dos grãos e melhorar o banco de dados científico sobre os fatores que afetam os parâmetros físico-químicos das cultivares estudadas.

Referências

AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, MN, US: AACC International, 2002.

AGROLINK. **Características do arroz (*Oryza sativa*)**. Disponível em: www.agrolink.com.br/culturas/arroz/caracteristicas.aspx. Acesso em 10 out. 2023.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington: AOAC, 2005.

BAERLOCHER, K., SOLIOZ, M. Disorders of Copper, Zinc and Iron Metabolism. **Physician's Guide to the Laboratory Diagnosis of Metabolic Diseases**, p.631- 658, 2003.

BARONI, G. D., BENEDETI, P. H., SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 55-64, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/452>. Acesso em: 03 out. 2023.

BASSINELLO, P.Z.; CASTRO, E. da M. de. Arroz como alimento. **Alice.cnptia.embrapa.br**, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/212777/arroz-como-alimento>. Acesso em: 15 mai. 2022.

BATISTA, C. S.; SANTOS, J. P.; DITTGEN, C. L.; COLUSSI, R.; BASSINELLO, P. Z.; ELIAS, M. C.; VANIER, N. L. Impact of cooking temperature on the quality of quick cooking brown rice. **Food Chemistry**, 2019. doi:10.1016/j.foodchem.2019.

BIRCHLER, J.A., AUGER, D.L., RIDDLE, N.C. In search of the molecular basis of heterosis. **The Plant Cell**. V. 15, p. 2236-2239, 2003.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009a.

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

BEHALL, K.M. et al. Whole-grain diets reduce blood pressure in mildly hypercholesterolemic men and women. **Journal of the American Dietetic Association**, v.106, p.1445-1449, 2006.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; & ANDROTII, M. **Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. V. 41, 1731-1737, 2006.

CALDERWOOD, D.L., BOLLIICH, C.N., SCOTT, J. E. Field drying of rough rice: effect on grain yield, milling quality, and energy saved. **Agronomy Journal**. V. 72, p. 649-653, 1980.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 375-470, 2007.

CARLOS, F. S.; KUNDE, R. J.; SOUZA, R. O.; WEINERT, C.; ULGUIM, A. DA R.; VIEIRO, F.; ROSSI, I.; BUCHAIN, M. P.; BOECHAT, C.L.; CAMARGO, F.A. DE O. Inibidor de urease reduz volatilização de amônia e aumenta produtividade de grãos de arroz sob atraso na irrigação. **Nutrien cycling in agroecosystems**. 122, p. 313-324, 2022.

CASTRO, E. M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34). 30p., 1999.

CHAMPAGNE, E. T., WOOD, D. F., JULIANO, B. O., BETCHEL, D. B. The rice grain and its gross composition. **Rice: Chemistry and Technology**. 3°ed., p. 77-107, 2004.

CONAB. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2023. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/ApresentacaoZ2ZLevZSafrZGraosZ-ZNOV.23.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2024.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS E. S. de.; CARVALHO, A. J. F. CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 15, nº 4, p. 268-273, 2005.

DENARDIN, C. C., SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. v. 39, p. 945-954, 2009.

CREPALDI, S.A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisorial**. São Paulo, Atlas, 9º ed. 2019.

DONG. M-H.; CHEN. P-F.; XIE. Y-L.; QIAO. Z-Y.; YANG. J-C. Variations in carbohydrate and protein accumulation among spikelets at different positions within a panicle during rice grain filling. *Rice Science*, v. 19, p. 223-232, 2012.

ELIAS, M.C., OLIVEIRA, M. de, VANIER, N. L., PARAGINSKI, R. T., SCHIAVON, R. de A. **Industrialização de arroz por processo convencional e por parboilização: Qualidade de arroz, da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 626p. Cap. 4, p. 43-56, 2012.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/744542/sistema-de-cultivo-de-arroz-irrigado-no-brasil>. Acesso em 29 nov. 2023.

FAO (Food Agriculture Organization). **Statistical Databases: Agriculture**, 2020. Disponível em: <http://faostat3.fao.org>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FAO (Food Agriculture Organization). **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**. 2018, 1, 224. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2023.

FAO (Food Agriculture Organization). **The state of food and agriculture**. 2009. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i0680e/i0680e00.htm>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FAGERIA, N. K., SANTOS, A. B. Yield and yield components of lowland rice genotypes as influenced by nitrogen fertilization. **Communications in soil science and plant analysis**. V. 46, p. 1723-1735, 2015.

FAGERIA, N. K., SANTOS, A. B. dos, STONE, L. F. **Manejo de nitrogênio em arroz irrigado**. Circular técnica. Embrapa. N.58, 2003.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 32, n.9-10, p. 1405-1429, 2001.

FERREIRA, C. M. **Importância do silício para a sustentabilidade da produção de arroz de terras altas no Cerrado brasileiro**. Agosto, 2021.

FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, A. J. F. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Brasília, 2021. E-book. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225978/1/lv-2021.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2022.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Funep, p. 589, 2006.

FREI, M.; SIDDHARAJU, P.; BECKER, K. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v.83, p.395-402, 2003.

GOES, J. R.; RODRIGUES, F. A. R.; TAKASU, T. A.; ARF, O. Qualidade industrial do arroz sob efeito do manejo da fertilização nitrogenada de cobertura em plantio direto. **Revista Agrarian**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio - Economia. Ilha Solteira, SP. 2015.

GUIMARÃES, C. M, FAGERIA, N. K., BARBOSA FILHO, M. P. Como a planta de arroz se desenvolve. **Arquivo do agrônomo**. n.13, 2002.

GUZMAN, C. de., ESGUERRA, M., LINSCOMBE, S., BERGER, G., SHA, X.Y., OARD, J. Genetic analysis of photoperiod/thermosensitive male sterility in rice under US environments. **Crop Science**. V. 57, 4° edi., pag. 1957-1965, 2017.

IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Boletim de resultados da safra 2022/2023 em terras baixas: arroz irrigado e soja e milho em rotação**. Agosto, 2023. Disponível em: <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202308/23105302-boletim-de-resultados.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2022.

IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Boletim de resultados da safra 2020/2021 em terras baixas: arroz irrigado e soja**. Setembro, 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

JI, Y., LIU, G., ZHANG, G., MA, J. **Effects of urea and controlled release urea fertilizers on methane emission from paddy fields: a multi-year field study**. V. 24, n. 5, p. 662-673, 2014.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. IRRI: International Rice Research Institute. Rome: FAO, 26, 1993.

JULIANO, B.O. e BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In Champagne, E. T.: **Rice: Chemistry and Technology**. New Orleans, MN, USA: American Association of Cereal Chemists. Chapter 2, p. 17-57, 1985.

KAMINSKI, Tiago André. **Influência das condições de armazenamento no envelhecimento de arroz**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos

Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 123f. 2012.

KELLING, K.A.; FIXEN, P.E. Soil nutrient requirements for oat production. In: MARCHAL, H.G.; SORRELIS, M.E. (Eds.). **Oat science and technology**. Madison: ASA/CSSA, 1992. p.165-190.

KENNEDY, G., BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**. V.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KONG, X., ZHU, P., SUI, Z., BAO, J. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. **Food Chemistry**. V. 172, p. 433-440, 2015.

LAJOLO, F. M., MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales ibero-americanos**. São Paulo, p. 648, 2006.

LI, N. e LI, Y. Signaling pathways of seed size control in plants. **Current Opinion in Plant Biology**. V. 33, p. 23-32, 2016.

LI, L., SHI, S., CHENG, B., ZHAO, D., PAN, K., CAO, C., JIANG, Y. Association between rice protein components and eating quality traits of different rice varieties under different nitrogen levels. **Journal of Cereal Science**. V. 113, 2023.

LIU, S., LIN, L., SHEN, W., WANG, Y., XIAO, J. Effect of Mesona chinensis polysaccharide on the pasting, thermal and rheological properties of wheat starch. **International Journal of Biological Macromolecules**. V. 118, p. 945-951, 2018.

LIANG, Z., BAO, A., LI, H., CAI, H. The effect of nitrogen level on rice growth, carbon-nitrogen metabolism and gene expression. **Biology Journal**. V. 70, p. 1340-1350, 2015.

LIMA, C. H. A. M. de; COBUCCI, R. de M. A. C.; BASSINELLO, P. Z.; BRONDANI, C.; COELHO, N. R. A. **Seleção e treinamento de painel sensorial para avaliação de diferentes cultivares de arroz**. Brasília, DF. Anais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 8, 2006.

MAGRI, C. F. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 61, 2005.

MANIKANDAN, A.; SUBRAMANIAN, K. Evaluation of Zeolite Based Nitrogen Nanofertilizers on Maize Growth, Yield and Quality on Inceptisols and Alfisols. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 9, n. 4, p. 1-9, 2016.

MANO, Y. et al. Comparative composition of brown rice lipids (lipid fractions) of indica and japonica rices. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.63, n.4, p.619-626, 1999.

MARTIN, M., FITZGERALD, M. A. Proteins in rice grains influence cooking properties! **Journal of Cereal Science**. V. 30, p. 285-294, 2002.

MAUD, M., CRUSCIOL, C. A. C., GRASSI FILHO, H., CORRÊA, J. C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**. V. 60, p. 761-765, 2003.

MCGRANCE, S. J., CORNELL, H. J., RIX, C. J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch/Stärke**, v. 50, p. 158-163, 1998.

MERLADETE, A. **Brasil exporta 135,3 mil t de arroz**, 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-exporta-135-3-mil-t-de-arroz_463501.html. Acesso em: 20 jun. 2022.

MIAO, Z. L., FENG, H. N., GUO, J. B., FANG, J. Q., HUI, Z. L., HUA, G. L., SHENG, Q. W., HUA, S. W., FENG, Y. D. **Effects of Nitrogen Fertilization and Genotype on Rice Grain Macronutrients and Micronutrients**. Rice Science, v. 21, ed. 4, p. 187-242, 2014.

MEULLENET, J.F.C.; CARPENTER, J.A.; LYON, B.G.; LYON, C.E. Bi-cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**, 28,101-118, 1997.

MEULLENET, J. F. C., MARKS, B. P., HANKINS, J. A., DANIELS. M. J. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. **Cereal Chemistry**. v. 77, n. 259-263, 2000.

MORRISON, W. R., MILLIGAN, T.P., AZUDIN, M.N. A relationship between the amylose and lipids contents of starches from diploid cereals. **Journal of Cereal Science**. V. 2, p. 257-260, 1984.

NEVES, P. de C. F. **Melhoramento Genético de Arroz: exploração da heterose no desenvolvimento de cultivares**. Embrapa arroz e feijão, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/->

/publicacao/864865/melhoramento-genetico-do-arroz-exploracao-da-heterose-no-desenvolvimento-de-cultivares. Acesso em: 10 out. 2023.

OLIVEIRA, M. de. **Arroz um alimento de verdade**: Fonte de nutrientes, aliado da saúde. 1ª ed. Porto Alegre, RS. Ideograf, 2021.

OSAKI, M., SHINANO, T., TADANO, T. Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting during maturation in field crops. **Soil Science and Plant Nutrition**. V. 37, p. 117-128, 1991.

PANG, Z., BOUROUIS, I., SUN, M., CAO, J. Physicochemical properties and microstructural behaviors of rice starch/soy proteins mixtures at different proportions. **International Journal of Biological Macromolecules**. V. 209, p. 2061-2069, 2022.

PARK, J.K.; KIM, S.S.; KIM, K.O. Effects of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physiochemical properties of milled and cooked rice. **Cereal Chemistry**, v.78, p.151-156, 2001.

PEREIRA, M. M. A., CORDEIRO, A. C. C., SMIDERLE, O. J., MEDEIROS, R. D. de, SOUZA, L. T. de. Doses e manejo de aplicação de nitrogênio para o cultivo de arroz com grãos para culinária japonesa em várzea de Roraima. **Research, Society and Development**. V. 9, n. 10, 2020.

PUCHONGKAVARIN, H.; VARAVINIT, S.; BERGTHALLER, W. Comparative study of pilot scale rice starch production by an alkaline and an enzymatic process. **Starch**. 57, p. 134-144, 2005.

RIBEIRO, G. J. T.; SOARES, A. A.; REIS, M. de S.; CORNÉLIO, V. M. de O. Efeitos do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 28, n. 5, p. 1021-1030, 2004.

RICETEC. RiceTec Sementes Ltda - **RiceTec na América Latina** - 2011. Disponível em: <http://www.ricetec.com.br/america>. Acesso em: 10 out. 2023.

REWTHONG, O., SOPONRONNARIT, S., TAECHAPAIROJ, C., TUNGTRAKUL, P. Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice. **Journal of Food Engineering**. v. 103, n. 3, p. 258-264, 2011.

ROHR, V. P. Comparação entre fatores que influenciam o produtor na comercialização de arroz dos municípios de Camaquã e Viamão, p. 99, 2007.

SALEH, M. I. Protein-Starch matrix microstructure during rice flour pastes formation. **Journal of Cereal Science**. V. 74, p. 183-186, 2017.

SCHERER R. Parceria pelo arroz híbrido. Projeto Arroz Híbrido, **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, v.53, n.437, p.12-13, 2005.

SHEN, B. Observation on the starch grain development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope. **Chinese Journal of Rice Science**. V. 14, n. 4, p. 225-228, 2000.

SHI, J., WU, M., QUAN, M. Effects of protein oxidation on gelatinization characteristics during rice storage. **Journal of Cereal Science**. V. 75, p. 228-233, 2017.

SHI, C. S.; ZHANG, G.; CHEN, L.; ZHANG, W.; WANG, X.; PAN, K.; LI, L.; WANG, J.; LIU, J.; CAO, C.; JIANG, Y. Different nitrogen fertilizer application in the field affects the morphology and structure of protein and starch in rice during cooking. **Food Research International**. V. 163, 2023.

SILVA, L. P. DA, ALVES, B.M., SILVA, L. S. DA., POCOJESKIL, E., KAMINSKI, T. A., ROBERTO, B.S. Adubação nitrogenada sobre rendimento industrial e composição dos grãos de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 43, n.6, Santa Maria, 2013.

SINGH, N., PAL, N., MAHAJAN, G., SINGH, S., SHEVKANI, K. Rice grain and starch properties: Effects of nitrogen fertilizer application. **Carbohydrate Polimers**. V. 86, p. 219-225, 2011.

SOAVE, D., BASTOS, C. R., AZZINI, L. E., ZULLO, M. A. T. **Teor de amilose em genótipos de arroz**. Bragantina, Campinas, v. 54, n. 1, p. 11-15, 1995.

SODHI, N. S., SINGH, N., ARORA, M., SINGH, J. Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. **Journal of Food Processing and Preservation**. V. 27, 5, p. 387-400, 2003.

SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. p. 205, 2018.

SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Itajaí, p. 179, 2012.

SOUZA, J. C. **Agronegócio e Unidades de Armazenamento de Grãos no Tocantins**. 2020. 30f. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, 2020. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/3901>. Acesso em: 03 nov. 2023.

SOWBHAGYA, C. M., BHATTACHARYA, K. R. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. **Journal of Cereal Science**. V. 34, 2, p. 115-124, 2001.

SOPONRONNARIT, S., CHIAWWET, M., PRACHAYAWARAKORN, P., TUNGTRAKUL, C., TAECHAPAIROJ, C. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. **Journal of Food Engineering**. V. 85, p.268-276, 2008.

STORCK, C. R., SILVA, L. P., FAGUNDES, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.18, n. 4, p. 333-341, 2005.

STORCK, C.R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

TECHAWIPHARAT, J.; SUPHANTHARIKA, M.; BEMILLER, J. N. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers**. V. 73, n. 3, p. 417-426, 2008.

TELÓ, G. M. et al. Qualidade de grãos de arroz irrigado colhidos com diferentes graus de umidade em função da aplicação de fungicida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 960-966, 2011.

TRAN, T. U., SUZUKI, K., OKADOME, H., IKEZAKI, H., HOMMA, S., OHTSUBO, K. Detection of changes in taste of japonica and indica brown and milled rice (*Oryza sativa* L.) during storage using physicochemical analyses and a taste sensing system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, p. 1108-1118, 2005).

TSUKAGUCHI, T., NITTA, S., MATSUNO, Y. Cultivar differences in the grain protein accumulation ability in rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops**. 192, p. 110-117, 2016.

TANG, Q. Y. Grain yield construction and N fertilizer efficiency of super hybrid rice under different N applications. **Hybrid Rice**. V. 18, p. 44-48, 2003.

TAN, S; EVANS, R.R; DAHMER, M.L; SINGH, B.K; SHANER, D.L. Imidazolinone tolerant crops: history, current status and future. **Pest Manag.Sci**. 61, p. 246-257, 2005.

TONG, C., GAO, H., LUO, S., BAO, J. Impact of postharvest operations on rice grain quality: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. V. 18, p. 626-640, 2019.

USDA (United States Department of Agriculture). **Rice sector at a Glance**, 2022. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/rice/rice-sector-at-a-glance/#Global>. Acesso em: 08 nov. 2023.

VIDAL, A., BEZUS, R., PINCIROLI, M., SANTIAGO, M. **Aporte de genotipos de arroz que combinan niveles diferenciales de proteína y amilosa a la calidad industrial y culinária**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, SEMENTES E AGROINDÚSTRIA, 4, Santa Maria, RS. Anais: Orium, p.314- 316. 2005.

VIEIRA, N. R. A., CARVALHO, J. L. V. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, p. 586-604, 1999.

VIEIRA, C.R., LOPES JR., C.O., RAMOS, C.S., CAPOBIANGO, M., SILVESTRE, M.P.C. Extração enzimática das proteínas da farinha de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 3, p. 599-606, 2008.

VILLANOVA, A. F. **Efeitos dos genótipos e das pressões de autoclavagem sobre parâmetros de qualidade de arroz parboilizado de cultivares da América do Sul**. 2020. Tese- Programa de pós graduação em ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E., AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, julho, 2008.

XIONG, R., TAN, X., YANG, T., PAN, X., ZENG, Y., HUANG, S., SHANG, Q. G., ZHANG, J., ZENG, Y. Relation of cooked rice texture to starch structure

and physicochemical properties under different nitrogen managements. **Carbohydrate Polymers**. V. 295, 2022.

YADAV, B. K.; JINDAL, V. K. Dimensional changes in milled rice (*Oryza Sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 710-720, 2007.

YANG, T., TAN, X., HUANG, S., PAN, X., SHI, Q., ZENG, Y., ZHANG, J., ZENG, Y. Effects of experimental warming on physicochemical properties of *indica* rice starch in a double rice cropping system. **Food Chemistry**. V. 310, 2020.

ZAHRA, N. et al. Rice production systems and grain quality. **Journal of Cereal Science**, v. 105, 2022.

ZAVAREZE, E. R. **Extração e tratamentos hidrotérmicos de amido de arroz**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

ZHANG, C. Q., ZHOU, L. H., ZHU, Z. B., LU, H. W., ZHOU, X. Z., QIAN, Y. T., LI, Q. F., LU, Y., GU, M. H., LIU, Q. Q. Characterization of grain quality and starch fine structure of two japonica rice (*Oryza sativa* L.) cultivars with good sensory properties at different temperatures during the filling stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V. 64, p. 4048-4057, 2016.

ZHANG, H., LIU, H., HOU, D., ZHOU, Y., LIU, M., WANG, Z., LIU, L., GU, YANG, J. The effect of integrative crop management on root growth and methane emission of paddy rice. **The Crop Journal**, v. 7, p. 444-457, 2019.

ZHANG, W., ZHOU, Y., LI, C., ZHU, K., XU, Y., WANG, W., LIU, L., ZHANG, H., WANG, Z., ZHANG, J. Moderate post-anthesis soil drying facilitates the remobilization of nitrogen from source to collector by through the redistribution of cytokinins in rice. **Field crops**. 288, 2022.

ZHAO, X., FITZGERALD, MELISSA A. Climate change: implications for the yield of edible rice. **Plos One**, San Francisco, 8 (6):1-9. 2013.

ZHOU, Z. K., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. **Journal of Cereal Science**. V. 35, p. 65-78, 2002.

ZHOU, Z. K., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. **Food Chemistry**. v.105, p. 491-497, 2007.

ZHU, D. W., ZHANG, H. C., GUO, B. W., XU, K., DAI, Q.G., WEI, H.Y., GAO, H., HU, Y.J., CUI, P. Y., HUO, Z. Y. Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice. **Journal of Integrative Agriculture**. V. 16, p. 1018-1027, 2017.

ZHU, L., et al. Investigation on molecular and morphology changes of protein and starch in rice kernel during cooking. **Food Chemistry**. v.316, 2020