

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**



Tese

**QUALIDADE DE ARROZ DOS CULTIVARES INOV CL E IRGA 424 RI: EFEITOS
DA UMIDADE DE COLHEITA, DA DENSIDADE DE SEMEADURA E DA DOSE DE
NITROGÊNIO EM COBERTURA**

Edimara Polidoro

Engenheira Agrônoma, MSc.

Pelotas, 2021

Edimara Polidoro

QUALIDADE DE ARROZ DOS CULTIVARES INOV CL E IRGA 424 RI: EFEITOS DA UMIDADE DE COLHEITA, DA DENSIDADE DE SEMEADURA E DA DOSE DE NITROGÊNIO EM COBERTURA

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

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier (Orientador)

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Coorientador)

Dra. Shanise Lisie Mello El Halal (Coorientadora)

Pelotas, 2021

P766q Polidoro, Edimara

Qualidade de arroz dos cultivares Inov CL e Irga 424 RI: efeitos da umidade de colheita, da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura / Edimara Polidoro ; Nathan Levien Vanier, orientador ; Moacir Cardoso Elias, Shanise Lisie Mello El Halal, coorientadores. — Pelotas, 2021.

96 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Qualidade industrial. 2. Panículas. 3. Genótipos de arroz. 4. Adubação nitrogenada. 5. Densidade de semeadura. I. Vanier, Nathan Levien, orient. II. Elias, Moacir Cardoso, coorient. III. Halal, Shanise Lisie Mello El, coorient. IV. Título.

CDD : 664

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier (Orientador, PPGCTA-UFPeI)

Dra. Priscila Zaczuk Bassinello (Embrapa Arroz e Feijão)

Prof. Dr. Ricardo Tadeu Paraginski (IFFar – Campus Santo Augusto)

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa (PPGA-UFPeI)

Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon (UEM – Campus Arenito)

DEDICATÓRIA

**Dedico este trabalho ao meu filho Benício, você é a razão para que eu continue
a sonhar e acreditar em um mundo melhor.**

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida, por sempre ter colocado as pessoas certas em meu caminho e ter me dado coragem para seguir e buscar meus sonhos.

A meu pai Angelin Lunardi Polidoro (*in memoriam*), por ter sido meu maior incentivador na arte de estudar e nunca desistir sem antes tentar e batalhar pelos meus sonhos.

A minha família, em especial meu irmão Elizandro Polidoro que acreditou e sonhou comigo.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Nathan Levien Vanier e Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, que sempre estiveram presentes e auxiliando em todas as decisões, vocês sem dúvida contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço de coração e tenham certeza de que sempre levarei os seus ensinamentos pra vida.

Agradeço minha coorientadora Dr. Shanise Lisie Mello El Halal por toda dedicação junto da elaboração da minha tese e também com o auxílio a campo.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, em especial aos colegas Cristian Batista, Graziella Bruni, Janaína Goveia, Caroline Dittgen, Igor Lindemann e Eliane Lemke pela amizade e ajuda prestada durante o período de doutorado.

Aos bolsistas de iniciação científica que sempre dedicaram um pouco do seu tempo para ajudar na condução das atividades deste trabalho. Obrigada a todos pela ajuda e amizade.

A colega e amiga Franciene Villanova por toda dedicação e amizade nesta etapa importante da vida acadêmica, obrigada por tornar minha caminhada leve e me fazer acreditar que era possível, gratidão.

As amigas Silvia Garibaldi, Vanessa Rack e Daiana Tonial, pessoas que levarei pra sempre no meu coração e lembrarei com muito carinho e respeito.

A minha amiga Maria Sasso, obrigada por ser esta pessoa incrível e positiva, obrigada por acreditar e se orgulhar de mim, grata pela sua amizade e energia positiva.

Agradeço a minha amiga Bruna Luíza Rodrigues pela amizade e ajuda quando eu precisei de apoio emocional, sempre estarei aqui com muita gratidão.

Ao amigo Renato Leão, grande incentivador, obrigada pelas palavras de apoio e carinho, com certeza minha caminhada foi mais suave com seu positivismo.

As minhas estagiárias Vitória Picanço e Larissa Lemos por toda amizade e ajuda na instalação e colheita deste trabalho.

Ao meu colega de graduação e amigo Jader Job Franco por todo suporte na parte final do meu trabalho, obrigada de coração.

Ao meu companheiro de amor, carinho, respeito e amizade Douglas Aguillar Freda, obrigada por me obrigar a acreditar em mim e não desistir, obrigada pelo incentivo e pensamento positivo sempre.

A toda equipe da granja COODEL, obrigada por permitirem testar e instalar meus estudos nesses últimos cinco anos.

A empresa PURO GRÃO, obrigada por ter permitido que eu executasse minhas tarefas acadêmicas juntamente com minha participação enquanto estava na equipe da mesma e obrigada de coração aos meus colegas que me apoiaram e ajudaram neste trabalho.

Obrigada aos colegas de trabalho e amigos Paulo Bastos, Fabrício Garcia e Jeferson Macedo pela ajuda de sempre com a colheita dos meus experimentos.

À Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e ao programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos por ter proporcionado o meu retorno aos estudos e sem dúvida ampliar meus conhecimentos e compartilhar de um aprendizado enorme.

Resumo

POLIDORO, Edimara. **Qualidade de arroz dos cultivares INOV CL e IRGA 424 RI: efeitos da umidade de colheita, da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura.** 2021. 96 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

O conhecimento e a aplicação de boas práticas agrícolas têm contribuído para o incremento da produtividade e da rentabilidade das lavouras arroseiras. No Brasil, a cultivar IRGA 424 RI tem sido a mais semeada. Dentre as cultivares híbridas, a INOV CL corresponde a cerca de 4% do total da área cultivada na Zona Sul do Rio Grande do Sul. Objetivou-se com este trabalho avaliar efeitos da densidade de semeadura, da dose de nitrogênio em cobertura e da umidade de colheita sobre a qualidade de grãos de arroz das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI. Para isso, o trabalho foi dividido em dois estudos. No Estudo 1, os genótipos INOV CL e IRGA 424 RI tiveram suas panículas avaliadas nos três terços (basal, mediana e distal), onde as propriedades físico-químicas e de polimento dos grãos foram avaliadas em dois estágios de colheita. Foram avaliados rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos e percentual de gessados, teor de amilose, extração de amido, distribuição molecular por tamanho (HPSEC-RI), propriedades térmicas do amido de arroz, cristalinidade relativa (raios-X), perfil viscoamilográfico e teor e extração de proteínas. No Estudo 2, onde objetivou-se avaliar especificamente efeitos da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura sobre a qualidade industrial de grãos das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI, foram analisados o peso de mil grãos e os rendimentos industrial e de cocção. Em relação ao Estudo 1, o melhor rendimento de grãos e menor percentual de grãos gessados foi obtido quando as panículas foram colhidas no estágio ideal de maturação com 22% de teor de umidade. O teor de amilose e a estrutura do amido das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI não diferiram entre os tempos de colheita estudados. Em relação à posição na panícula, apenas a linhagem IRGA 424 RI apresentou grãos da posição da panícula superior com maior teor de amilose do que os da posição basal, independentemente do tempo de colheita estudado. Já em relação aos resultados obtidos no Estudo 2, verificou-se que: (a) o genótipo INOV CL mostrou-se mais sensível aos manejos adotados para peso de mil grãos, percentual de grãos inteiros e grau de polimento e rendimento de cocção; (b) o percentual de grãos gessados e “barriga branca” diminuiu com o incremento em adubação nitrogenada para ambos os genótipos; (c) o aumento de adubação nitrogenada em cobertura aumentou os percentuais de translucidez; (d) o grau de brancura diminuiu na segunda safra para ambos os genótipos e aumentou a sua vitricidade; (e) o tempo de cocção para o genótipo INOV CL diminuiu na Safra 2 para todas as densidades, já para o IRGA 424 RI o menor tempo de cocção foi observado na Safra 1 quando utilizada maior dose de nitrogênio e na Safra 2 ocorreu menor tempo de cozimento nas densidades de 75 e 100 kg/ha; (f) o genótipo INOV CL apresentou menor rendimento gravimétrico na Safra 2 e maior rendimento volumétrico quando a dose de 130 kg N/ha foi utilizada para a mesma safra.

Palavras-chave: qualidade industrial; panículas; genótipos de arroz; adubação nitrogenada; densidade de semeadura.

Abstract

POLIDORO, Edimara. **Rice quality of INOV CL and IRGA 424 RI cultivars: Effects of harvesting stage, sowing density, and nitrogen level.** 2021. 96 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

The knowledge and the application of good agricultural practices have contributed to the increase in productivity and profitability of rice crops. In Brazil, the cultivar IRGA 424 RI has been the most sown. Among hybrid cultivars, INOV CL corresponds to about 4% of the total cultivated area in the South Zone of Rio Grande do Sul. The objective of this study was to evaluate the effects of sowing density, nitrogen coverage and moisture content of harvest on the quality of rice grains of the cultivars INOV CL and IRGA 424 RI. For this, the work was divided into two studies. In Study 1, the INOV CL and IRGA 424 RI genotypes had their panicles evaluated in three parts (basal, median, and upper), where the physicochemical and polishing properties of the grains were evaluated in two harvesting stages. Head rice yield, weight of a thousand grains and percentage of chalky grains, amylose content, starch extraction, molecular size distribution (HPSEC-RI), thermal properties of rice starch, relative crystallinity (X-ray diffraction), viscoamylographic profile and protein content and extraction were evaluated. In Study 2, where the objective was to specifically evaluate the effects of sowing density and nitrogen dose on the industrial quality of the grains from INOV CL and IRGA 424 RI cultivars, the weight of a thousand grains and the industrial and cooking properties were analyzed. In relation to Study 1, the best grain yield and the lowest percentage of chalky grains were obtained when the panicles were harvested at the ideal stage of maturation with 22% moisture content. The amylose content and starch structure of the INOV CL and IRGA 424 RI cultivars did not differ between the harvest times studied. Regarding the position in the panicle, only the strain IRGA 424 RI presented grains from the position of the upper panicle with higher amylose content than those from the basal position, regardless of the harvest time studied. Regarding the results obtained in Study 2, it was found that: (a) the INOV CL genotype was more sensitive to the management adopted for the weight of a thousand grains, percentage of whole grains and degree of polishing and cooking yield; (b) the percentage of chalky grains and “white bellies” decreased with the increase in nitrogen fertilization for both genotypes; (c) the increase in nitrogen fertilization in coverage increased the percentage of translucency; (d) the degree of whiteness decreased in the second harvest for both genotypes and increased their vitricity; (e) the cooking time for the INOV CL genotype decreased in Crop 2 for all densities, whereas for IRGA 424 RI the shorter cooking time was observed in Crop 1 when a higher dose of nitrogen was used and in Crop 2 there was less time cooking at densities of 75 and 100 kg/ha; (f) the INOV CL genotype showed lower gravimetric yield in Crop 2 and higher volumetric yield when the dose of 130 kg N/ha was used for the same crop.

Keywords: industrial quality; rice panicles; rice genotypes; nitrogen fertilization; sowing density.

Lista de Figuras

Figura 1 - Esquema representativo da panícula do arroz e sua divisão	20
Figura 2 - Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em α - (1-4)] (A) e estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α - (1-4) e α - (1-6)] (B). Ambos os polímeros constituem os grânulos de amido.....	24
Figura 3 - Representação de uma curva típica obtida na análise das propriedades viscoamilográficas de amido de batata em um <i>Rapid Visco Analyzer</i> (RVA).....	26
Figura 4 - Cromatogramas de exclusão por tamanho de amidos desramificados com isoamilase das cultivares INOV CL (A) e IRGA 424 RI (B) em diferentes épocas de colheita e posição na panícula. F1- amilose, F2- cadeias longas desramificadas de amilopectina, F3- cadeias curtas desramificadas de amilopectina	41
Figura 5 - Padrões de difração de raios-X de arroz moído a partir de diferentes posições na panícula das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI nos períodos de 1ª colheita (A e C) e 2ª colheita (B e D), respectivamente	43
Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitação no município de Pelotas durante o ciclo da cultura do arroz irrigado nas Safras 2018-2019 (A e C) e 2019-2020 (B e D).....	50
Figura 7 – Imagem aérea da área experimental.....	52
Figura 8 - Radiação solar (Mj/m^2) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado para as safras 2018/19 (A) e 2019/20 (B).....	57

Lista de tabelas

Tabela 1 - Rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos, grãos gessados e teor de amilose de grãos de diferentes posições na panícula colhidos em dois estágios	36
Tabela 2 - Propriedades de pasta do arroz das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI em função da posição na panícula e do estágio de colheita.....	44
Tabela 3 - Teor de proteína bruta (%) e rendimento de extração de proteínas (%) em diferentes meios.....	45
Tabela 4 – Resumo da significância da análise de variância referente aos valores de peso de mil grãos (1); descascamento (2); beneficiamento (3); inteiros (4); grau de polimento (5); gessados (6); “barriga branca” (7); brancura (8); vitricidade (9); translúcidos (10); tempo de cocção (11); rendimento gravimétrico (12) e rendimento volumétrico (13) para os genótipos INOV CL e IRGA 424 RI.....	55
Tabela 5 – Peso de mil grãos de arroz do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	56
Tabela 6 – Peso de mil grãos de arroz do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	56
Tabela 7 - Renda de descascamento do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	59
Tabela 8 - Renda de beneficiamento do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	60
Tabela 9 – Rendimento de grãos inteiros do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	60
Tabela 10 – Rendimento de grãos inteiros do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	61
Tabela 11 – Grau de polimento de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	63
Tabela 12 – Grau de polimento de grãos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	63
Tabela 13 – Percentual de grãos gessados do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	65
Tabela 14 – Percentual de grãos gessados do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	66

Tabela 15 – Percentual de grãos “barriga branca” do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	67
Tabela 16 – Percentual de grãos “barriga branca” do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	68
Tabela 17 – Percentual de grãos translúcidos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	68
Tabela 18 – Percentual de grãos translúcidos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	69
Tabela 19 – Grau de brancura de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	70
Tabela 20 – Grau de brancura de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	71
Tabela 21 – Grau de vitricidade de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	71
Tabela 22 – Grau de brancura e vitricidade de grãos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	72
Tabela 23 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	73
Tabela 24 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	74
Tabela 25 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	74
Tabela 26 – Rendimento gravimétrico do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	75
Tabela 27 – Rendimento volumétrico do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.....	75

Sumário

1. Introdução	15
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. Revisão bibliográfica	18
3.1 A cultura do arroz	18
3.2 Desempenho industrial	21
3.3 Amido	23
3.4 Proteínas do arroz.....	27
4. Capítulo 1 – Diferenças nas propriedades físico-químicas e tecnológicas de grãos de arroz das espiguetas distal, mediana e basal da panícula de arroz quando colhidos nos estágios antecipado e ideal	29
4.1 Introdução.....	29
4.2 Material e métodos.....	30
4.2.1 Materiais	30
4.2.2 Rendimento de grãos inteiros	31
4.2.3 Peso de mil grãos e percentual de gessados	32
4.2.4 Teor de amilose	32
4.2.5 Extração de amido	33
4.2.6 Distribuição molecular por tamanho (HPSEC-RI).....	33
4.2.7 Propriedades térmicas do amido de arroz	33
4.2.8 Cristalinidade relativa (raios - X)	34
4.2.9 Perfil viscoamilográfico, teor de proteína bruta e solubilidade proteica em diferentes meios.....	34
4.3 Análise estatística	35
4.4 Resultados e discussão.....	35
4.4.1 Rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos e porcentagem de grãos gessados.....	35
4.4.2 Teor de amilose e propriedades estruturais do amido.....	39
4.4.3 Perfil viscoamilográfico, teor e extração de proteínas.....	43
4.5 Conclusões.....	47

5. Capítulo 2 – Efeitos da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura sobre a qualidade industrial de grãos dos cultivares INOV CL e IRGA 424 RI	48
5.1 Introdução.....	48
5.2 Material e métodos	49
5.2.1 Materiais e preparo de amostras	49
5.2.2 Métodos.....	52
5.2.2.1 Peso de mil grãos	52
5.2.2.2 Rendimento de grãos inteiros.....	52
5.2.2.3 Percentual de grãos gessados e de grãos com centro branco (“barriga branca”).....	53
5.2.2.4 Brancura, vitricidade e grau de polimento	53
5.2.2.5 Tempo de cocção	53
5.2.2.6 Rendimento de cocção	53
5.2.3 Análise estatística	54
5.3 Resultados e discussão.....	56
5.3.1 Peso de mil grãos	56
5.3.2 Renda de descascamento, renda de beneficiamento e rendimento de grãos inteiros.....	58
5.3.3 Percentual de grãos gessados, “barriga branca” e translúcidos....	64
5.3.4 Grau de brancura e vitricidade.....	70
5.3.5 Tempo de cocção.....	72
5.3.6 Rendimento de cocção.....	75
5.4 Conclusões	77
6. Considerações finais	78
7. Referências	79

1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um alimento básico consumido por mais da metade da população mundial, preferencialmente na forma de arroz branco polido (MONKS et al., 2013). Mais de dois bilhões de pessoas utilizam este grão como fonte de energia para obtenção de pelo menos 50% das necessidades diárias de calorias.

A disponibilidade de alimentos é uma das preocupações agrícolas prioritárias nos países em desenvolvimento (CHENG, 2009). Segundo Chen e Xu (2007), o crescimento populacional faz com que se busque aumento de produtividade da cultura do arroz para, assim, contribuir com a crescente demanda por alimentos. O aumento da produtividade alia-se a genótipos cada vez mais produtivos, porém nem sempre estes genótipos são os que apresentam bom desempenho industrial, aspecto de interesse das indústrias de beneficiamento de arroz (POLIDORO, 2018).

As cultivares híbridas de arroz geralmente apresentam maior número de panículas por hectare quando comparadas às cultivares convencionais. Nos genótipos híbridos se utiliza menor densidade de semeadura por causa de sua capacidade de perfilhamento, esta alta capacidade de emissão de afilhos causa maior desuniformidade no momento da maturação e prejudica o enchimento e formação dos grãos, resultando em baixo rendimento de grãos inteiros (WANG e CHENG, 2004; DONG et al., 2008; YANG e ZHANG, 2010).

A colheita de grãos que apresentam maturação completa e grau de umidade adequado proporciona maior percentual de grãos inteiros e maior rendimento no momento do beneficiamento, uma vez que grãos mais maduros apresentarão menor teor de gesso, característica que é indesejável para indústrias e produtores de arroz (SMIDERLE e DIAS, 2011). A colheita precoce quando os grãos encontram-se com alto teor de umidade proporciona grãos completamente gessados e conseqüentemente grãos mais frágeis no momento do beneficiamento (CASTRO et al., 1999).

Em relação à umidade de colheita, grãos colhidos antecipadamente, com mais de 26% de umidade apresentam menor produtividade devido ao alto percentual de grãos imaturos e gessados, os quais possuem aparência indesejável ao produto e apresentam maior quebra no momento do beneficiamento (MARCHEZAN et al., 1993; SOFIATTI et al., 2006; BINOTTI et al., 2007). Além disso, ocorrem perdas durante a

colheita de grãos que ficam retidos na panícula por estarem verdes e não debulharem com a operação de trilha.

O conhecimento e a aplicação de boas práticas agrícolas, como a adoção de manejo de adubação e de densidade de semeadura que potencialize a produtividade e a qualidade industrial do arroz, têm contribuído para o incremento da produtividade das lavouras arroteiras. O manejo de adubação nitrogenada associado à disponibilidade de nitrogênio presente na solução do solo é o que mais comumente limita o rendimento das culturas (DAWSON et al., 2008). Devido a sua mobilidade e capacidade de transformação (processos de desnitrificação, volatilização e lixiviação), o nitrogênio é facilmente perdido para o ambiente quando há manejo inadequado da adubação (MAKINO et al., 1984).

A aplicação deste nutriente é importante para aumentar o rendimento de grãos e o teor de proteínas, porém, o excesso do nitrogênio pode diminuir a qualidade dos grãos, alterando as propriedades sensoriais e as características de cozimento (GU et al., 2015; NOWOTNA et al., 2007). De acordo com Lyon et al. (1999), grãos com maior teor de proteínas apresentam tendência de maior consistência quando cozidos. A estrutura interna e as propriedades físico-químicas do amido de arroz dependem não apenas de características genéticas, mas também de condições de solo, clima e tratamentos agrícolas durante o ciclo da cultura (FALADE et al., 2014; WU et al., 2013). De acordo com o estudo de Huang et al. (2018), a redução de nitrogênio aplicado em cobertura pode resultar em menor número de panículas de arroz, menor índice de área foliar e de biomassa e menores rendimentos de grãos.

De maneira geral, o consumidor de arroz tem preferência por um produto uniforme, com baixo percentual de grãos quebrados e sem defeitos. Da mesma forma, um desempenho adequado no beneficiamento, com elevado rendimento de grãos inteiros e baixo percentual de defeitos é almejado por produtores e indústrias, uma vez que o índice de quebra durante o beneficiamento dos grãos e o percentual de defeitos afeta o valor do produto no mercado e consiste em fator determinante para aceitação de novas cultivares (CASTRO et al., 1999).

Nesse contexto, o estudo dos efeitos da umidade de colheita, da densidade de semeadura e do nível de adubação nitrogenada em cobertura é de suma importância para a tomada de decisão do manejo a ser utilizado e garantir, assim, melhores índices de produtividades e desempenho industrial.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Avaliar efeitos da umidade de colheita, da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura sobre a qualidade de grãos de arroz das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar diferenças nas propriedades químicas e tecnológicas dos grãos de arroz obtidos das porções basal, mediana e distal das panículas das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI nos teores de umidade de 28% e 22%.

Avaliar propriedades químicas e tecnológicas de grãos das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI colhidos em duas faixas de umidade.

Avaliar efeitos da densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI.

Comparar a qualidade industrial de grãos produzidos em função da dose de nitrogênio utilizada na adubação de cobertura, considerando manejos comumente utilizados por produtores.

Avaliar diferenças na qualidade industrial de grãos como rendimento de grãos e percentual de gessamento em função da safra agrícola, considerando diferentes cultivares, densidades de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura.

3. Revisão bibliográfica

3.1. A cultura do arroz

A preocupação quanto à disponibilidade de alimentos está entre as prioridades dos países em desenvolvimento (TANG et al., 2017). A cultura do arroz destaca-se por ser um alimento básico responsável por alimentar mais da metade da população mundial e garantir a segurança alimentar (ZHAO et al., 2009; ARIYARATNA et al., 2011).

Com o aumento da população, a demanda futura por alimentos será ainda maior. Expandir a área cultivada e incrementar o rendimento de grãos são estratégias para garantir e melhorar a produção de grãos de arroz (RAY e FOLEY, 2013).

No Brasil, o cultivar IRGA 424 RI tem sido o mais semeado. De acordo com o Boletim de Safras do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2021), na última safra a cultivar IRGA 424 RI foi responsável por 51,42% da área semeada no Rio Grande do Sul, representando um total de 485,837 ha. Dentre os cultivares híbridos, o INOV CL, da RiceTec, ficou com 4% do total da área cultivada na Zona Sul do Estado.

A avaliação do rendimento de grãos inteiros é um dos parâmetros importantes da produção de arroz para conhecer e assegurar a qualidade dos grãos. A qualidade dos grãos é atribuída não somente aos fatores genéticos, mas também aos fatores de campo, como luminosidade, temperatura, disponibilidade de água e adubação nitrogenada (MO, 1993; ZHOU et al., 1997).

O manejo adequado no campo e o uso de cultivares geneticamente adaptadas tem agregado rendimento produtivo na cultura do arroz (HUANG et al., 2018). Dentre os manejos, o controle de plantas daninhas na cultura é importante para viabilizar o bom desempenho da cultura e, de certa forma, indiretamente, propiciar adequada qualidade dos grãos. Com o surgimento da tecnologia Clearfield® (CL), que visa o controle de plantas daninhas como o arroz vermelho, herbicidas do grupo químico das imidazolinonas puderam ser aplicados sem causar danos ao desenvolvimento da cultura (TAN et al., 2005). Orizicultores seguem fazendo uso dessa tecnologia até os dias atuais (NORSWORTHY et al., 2019).

As imidazolinonas controlam plantas daninhas inibindo a rota da enzima aceto lactato sintase (ALS), que é responsável pela formação de aminoácidos de cadeia ramificada nas plantas (valina, leucina e isoleucina). Esses herbicidas controlam um

amplo número de plantas de folhas largas e estreitas, funcionando em dosagens baixas (ROMAN et al., 2005).

A seleção das culturas resistentes as imidazolinonas foi feita através de seleção ou mutagênese, utilizando técnicas convencionais de melhoramento genético, portanto, não são transgênicos (TAN et al., 2005). Cultivares com a nomenclatura RI, da mesma forma, apresentam resistência ao grupo químico das imidazolinonas.

O melhoramento genético tem proporcionado genótipos com elevado potencial produtivo, aumentando consideravelmente o rendimento de grãos nas últimas três décadas (ZHANG, 2016). Podemos atribuir ao melhoramento a alta capacidade das plantas em emitir afixos e panículas grandes, como no caso dos híbridos de arroz.

Genótipos híbridos são obtidos através do cruzamento de duas linhagens parentais endogâmicas geneticamente distintas (uma masculina e uma feminina), possuem como característica primordial um incremento em produtividade quando comparados aos genótipos convencionais (WANG e DENG, 2018; WANDER e PADRÃO, 2017).

A capacidade de emitir maior número de afixos e maior rendimento dos cultivares híbridos é bem conhecida quando comparados aos materiais convencionais (YUAN et al., 1994; PENG et al., 1999; ZHANG et al., 2009; HUANG et al., 2018). Estudos conduzidos por Peng et al. (1999) e Yuan et al. (2017) apontaram rendimentos 20% superiores em cultivares híbridas quando comparados aos convencionais, não híbridos.

A escolha de qual genótipo semear está relacionada à disponibilidade de água para irrigação, precocidade, tolerância a doenças, potencial produtivo, qualidade de grãos na indústria e desempenho produtivo. Genótipos não híbridos e híbridos tendem a diferenciar-se na qualidade pós-colheita e estudos para quantificar essa diferença devem ser realizados.

A floração do arroz ocorre em tempos diferentes dentro da panícula, iniciando da parte distal para a basal, sendo as espiguetas da posição distal, geralmente caracterizadas como superiores, as que apresentam o melhor desenvolvimento e maior enchimento de grãos quando comparadas com as espiguetas medianas e basais, que são consideradas inferiores (MING-HUI et al., 2012).

A diferença no tempo de floração da panícula do arroz está associada aos diferentes rendimentos de grãos e qualidade industrial dos mesmos (ZHANG et al.,

1995; ZHU et al., 2004). O menor desempenho industrial dos genótipos híbridos quando comparados aos não híbridos está associado à maior presença de grãos gessados e imaturos (ZHOU et al., 2015; FU e YANG, 2012). Na Figura 1 está apresentada a divisão da panícula de arroz nas porções basal, mediana e distal.

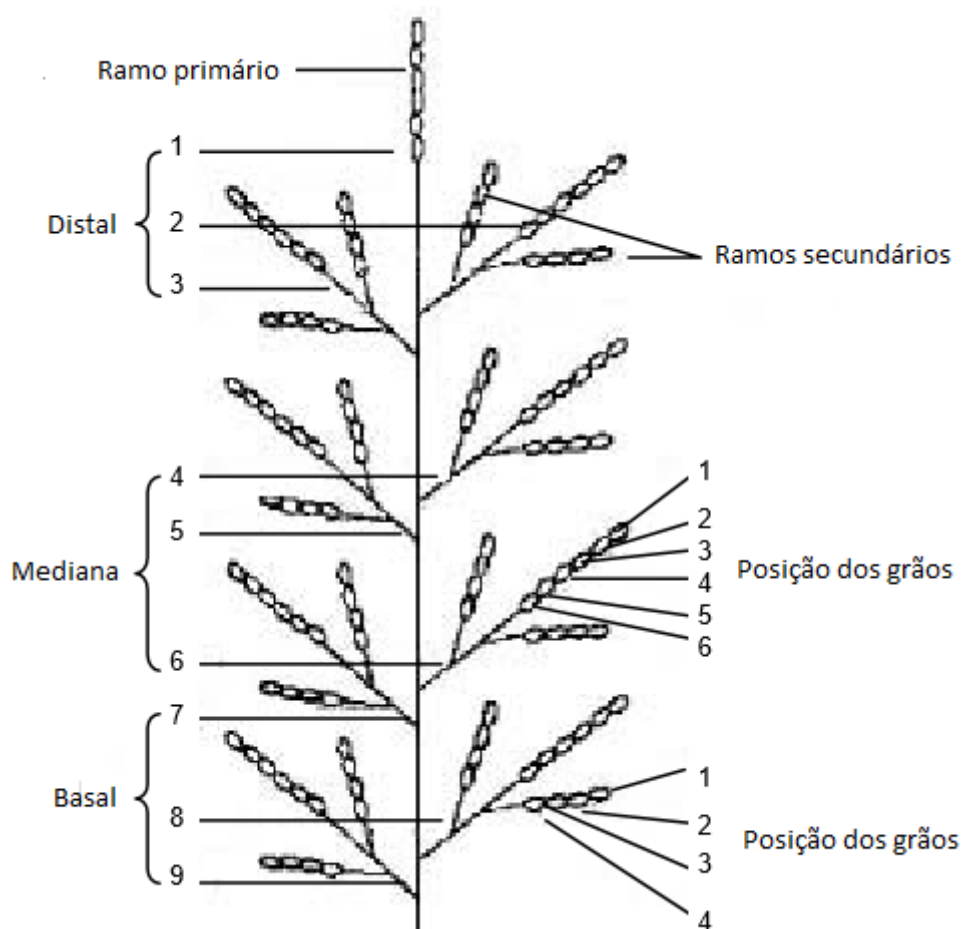


Figura 1 - Esquema representativo da panícula do arroz e sua divisão.
Fonte: DONG et al., 2007.

De acordo com Ming-Hui et al. (2012), estudos sobre as diferenças na dinâmica de acúmulo de amido e proteínas em diferentes posições dentro de uma panícula de arroz têm um importante papel para a compreensão do mecanismo de formação dos grãos e melhora da sua qualidade através da adequação do manejo durante o cultivo. Pouco se sabe sobre a qualidade industrial de grãos de arroz em função da posição na panícula, sendo necessários estudos para maiores informações.

Na adequação de manejos de cultivo, a dose de nitrogênio na adubação de cobertura e a densidade de semeadura são consideradas práticas importantes para o incremento em produtividade da cultura (SUN et al., 2012; HUANG et al., 2013;

AHMED et al., 2016). Entre os nutrientes que a cultura necessita para alcançar altos rendimentos, o nitrogênio se destaca por ser o nutriente exigido em maior quantidade e ser limitador da produção (ARTACHO et al., 2009; MAHAJAN et al., 2011; SHI et al., 2012; SUN et al., 2012).

A densidade das plantas influencia no número de afilhos emitidos por planta e por consequência na quantidade de panículas emitidas por área (HUANG et al., 2011). Estudo conduzido por Li et al. (2011) sugere que o aumento do número de panículas por unidade de área é fator importante para melhorar a produtividade da lavoura.

Além de garantir o afilhamento, a população de plantas ideal favorece a interceptação de radiação solar, favorecendo, assim, o melhor desenvolvimento da parte aérea e radicular, levando ao uso eficiente dos nutrientes (BALOCH et al., 2002). A adoção de densidades baixas podem ser compensadas com níveis elevados de nitrogênio, que tendem a estimular a planta a emitir mais afilhos por unidade de área (ZHONG et al., 2003; HUANG et al., 2013).

O incremento em produtividade com emprego de novas tecnologias, manejos agrônômicos e escolha de genótipos que expressem o máximo potencial produtivo, nem sempre está aliado ao bom desempenho industrial exigido pela indústria arroseira.

3.2. Desempenho industrial

O arroz branco polido destaca-se por ser o mais consumido mundialmente, apresentando em sua composição amido, 80 a 85%, proteínas 4 a 10%, lipídeos 1% (BALINDONG et al., 2018), além de bons níveis de vitaminas E e aquelas do complexo B (principalmente B1, B3 e B9). Os teores de cada nutriente podem variar em função do genótipo, do manejo de produção e do processamento.

As preferências de consumo de arroz estão mudando constantemente de acordo com níveis econômicos e estilos de vida mais saudáveis, dessa forma o plantio de arroz que origine grãos de alta qualidade está cada vez mais em evidência. Os grãos de arroz com alto desempenho qualitativo exercem influência no mercado e fomentam os benefícios da produção (YANG et al., 2015; QIAN, 2017).

O rendimento de inteiros, a aparência, as propriedades de cozimento e sensoriais e as propriedades nutricionais do arroz são amplamente afetadas por fatores ambientais e genéticos (KRISHNAN e RAO, 2005). A viscosidade do amido, a

palatabilidade, o sabor, o odor, a dureza e a textura do arroz após o cozimento conferem atributos qualitativos alimentares ao grão (BALINDONG et al., 2018).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2018), a preferência do mercado brasileiro é de um arroz com uma renda de benefício de 70% e mais de 60% de rendimento de grãos inteiros. Uma informação também importante é a renda de descascamento, na renda de descascamento os grãos ainda não estão polidos. A renda de descascamento geralmente varia de 78 a 82%.

O teor de grãos gessados, de grãos com centro branco e o comprimento/largura dos grãos podem influenciar na aparência dos grãos e interferir em seus atributos de qualidade (LISLE et al., 2000). De modo geral, os percentuais de grãos totalmente gessados e de grãos com o centro branco podem afetar diretamente a qualidade dos grãos no momento do beneficiamento e se tornar um fator limitante para o melhoramento genético (DU et al., 2007).

Nas indústrias brasileiras, por mais que apenas os grãos totalmente gessados sejam considerados como defeitos pela Instrução Normativa Nº 06/2009 (BRASIL, 2009a) para enquadramento do arroz em tipos, também são identificados, separados e calculados os percentuais de grãos que apresentam opacidade em 50-99% de sua área (comumente chamados de “barriga branca”) e entre 25-49% de sua área (comumente chamados de “barriguinha”). Essa análise é feita de forma visual, com classificadores treinados.

Condições climáticas e suas variações bruscas, como altas temperaturas no estágio fenológico de enchimento dos grãos, interferem na formação e no acúmulo de amido, e tendem a aumentar os níveis de gessamento nos grãos (ZHANG et al., 2016; DOU et al., 2018), as variações de temperatura podem inibir algumas enzimas responsáveis pela formação de amido. Durante a fase de maturação dos grãos as altas temperaturas noturnas podem interferir em valores de translucidez dos grãos (ISHIMARU et al., 2009). Os menores percentuais para gessamento foram observados quando as temperaturas diurnas variaram entre 25-30 °C e noturnas de 15-20 °C (JULIANO, 1985).

Em estudo realizado por Zeng et al. (2019), onde os pesquisadores avaliaram cultivares não híbridas e híbridas durante dez anos, ficou evidenciado que as cultivares híbridas apresentam maior tendência a formação de grãos gessados do que as cultivares não híbridas.

Trabalho conduzido por Zhu et al. (2017), onde estudaram os efeitos dos níveis de nitrogênio na qualidade e produtividade dos grãos em cultivares japônicas, observaram aumento de grãos gessados e maior percentual de área opaca nos grãos com o aumento dos níveis de nitrogênio (0, 150, 187.5, 225, 262.5, 300, 337,5 kg/ha).

Marzari et al. (2007) avaliaram as interações das combinações de populações de plantas, doses de nitrogênio e aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado para a cultivar IRGA 417 e observaram que o incremento em doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120, 160 kg/ha) proporcionou maior número de colmos e conseqüentemente de panículas por unidade de área. Entretanto, diminuiu o tamanho dessas panículas.

Em estudo realizado por Silva et al. (2013), o cultivar IRGA 422 CL foi submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200 kg N/ha). Os autores relataram incremento no rendimento de grãos inteiros. Observaram ainda que, não houve interação entre doses de nitrogênio aplicadas e percentual de grãos gessados e barriga branca. O aumento da adubação nitrogenada pode ou não afetar o rendimento de grãos inteiros e percentual de gessamento, mas isso depende muito do genótipo e condições de cultivo

3.3. Amido

A abundância do amido em fontes vegetais faz dele um polissacarídeo amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, biomédica, farmacêutica, química e de papel devido ao seu baixo custo, biodegradabilidade, biocompatibilidade e atributos não tóxicos (CHEN et al., 2018; BASHIR e AGGARWAL, 2019).

A importância dessa empregabilidade está associada a sua utilização no preparo de alimentos e por ser o principal constituinte dos grãos de arroz (BLAZEK e GILBERT, 2011). As moléculas de amilose e amilopectina (Figura 2) constituem o grânulo de amido e seu percentual pode variar entre genótipos (ASHWAR et al., 2016).

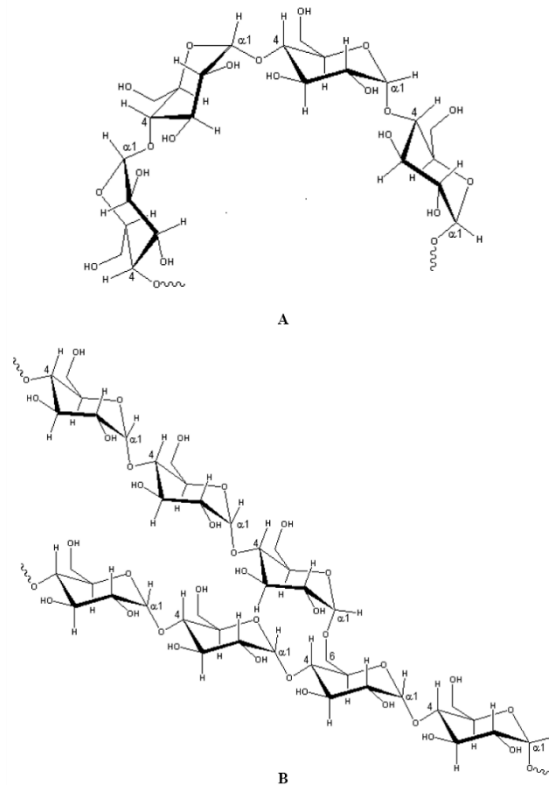


Figura 2 – Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em α - (1-4)] (A) e estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α - (1-4) e α - (1-6)] (B). Ambos os polímeros constituem os grânulos de amido.
Fonte: Adaptado de LAJOLO e MENEZES (2006).

A estrutura molecular da amilose é essencialmente linear, composta por monômeros de glicose unidos por ligações glicosídicas α - 1,4, enquanto que as moléculas de amilopectina encontram-se em cadeias com estruturas ramificadas compostas por ligações glicosídicas α - 1,4 e α - 1,6. A estrutura dos grânulos de amido é composta por regiões amorfas e cristalinas, sendo que a parte amorfa é constituída por amilose enquanto que a parte cristalina constitui a amilopectina (NNYIGIDE e HYUN, 2020).

Para selecionar um amido e direcioná-lo para aplicação em produtos alimentícios, alguns critérios como textura, solubilidade, viscosidade, estabilidade, gelatinização, capacidade de absorção de água e retrogradação são observados, sendo que a proporção amilose/amilopectina tem efeito importante nessas características do amido (KLAOCHANPONG et al., 2015).

De acordo com Zhu et al. (2017), as propriedades físico-químicas dos grânulos de amido exercem influência no processo de cocção e na qualidade do arroz após o cozimento, uma vez que os grânulos de amido são os responsáveis pelo processo de

absorção de água durante o cozimento, gelatinização e reorganização do grão de arroz à medida que termina o processo de cozimento.

No processo de cozimento, a temperatura de gelatinização determina o tempo de cocção dos grãos de arroz. Quando atingido o pico de entalpia os grânulos de amido atingem o intumescimento de forma irreversível, perdendo assim sua cristalinidade e birrefringência (JULIANO, 2003). A temperatura de gelatinização (TG) para os grãos de arroz pode variar entre 55-85°C, sendo que grãos com alta TG requerem mais tempo para cozinhar (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). Tanto a cultivar INOV CL como a cultivar IRGA 424 RI, utilizadas neste trabalho, apresentam baixa temperatura de gelatinização.

Após o cozimento o teor de amilose exerce importante papel na determinação das características de qualidade dos grãos, como textura, solubilidade e maciez dos grãos (CHAMPAGNE et al., 1999).

De acordo com Juliano (1985), a determinação do teor de amilose aparente presente nos grãos de arroz determina a sua classificação em arroz ceroso (0,8 – 2,0%), baixa amilose (7 - 20%), média amilose (20 – 25%) e alta amilose (> 25%). Maiores picos de viscosidade, menor retrogradação, maiores temperaturas de gelatinização e textura mais pegajosa são observados em grãos com baixo teor de amilose aparente (TAO et al., 2019; BHAT e RIAR, 2016).

O consumidor de arroz brasileiro tem preferência por grãos soltos e macios após o cozimento. Esse comportamento de cozimento sofre interferências da temperatura de gelatinização e principalmente aos teores de amilose. Genótipos que apresentam como característica temperatura de gelatinização baixa ou intermediária (63-73 °C) e teor de amilose intermediária a alta (23%), destacam-se pelo melhor desempenho no momento do cozimento (SOSBAI, 2018).

Na Figura 3 está representada uma curva típica de amido de batata obtida através de um analisador rápido de viscosidade (*Rapid Visco Analyzer* - (RVA)). Através da análise viscoamilográfica é possível avaliar a consistência do gel.

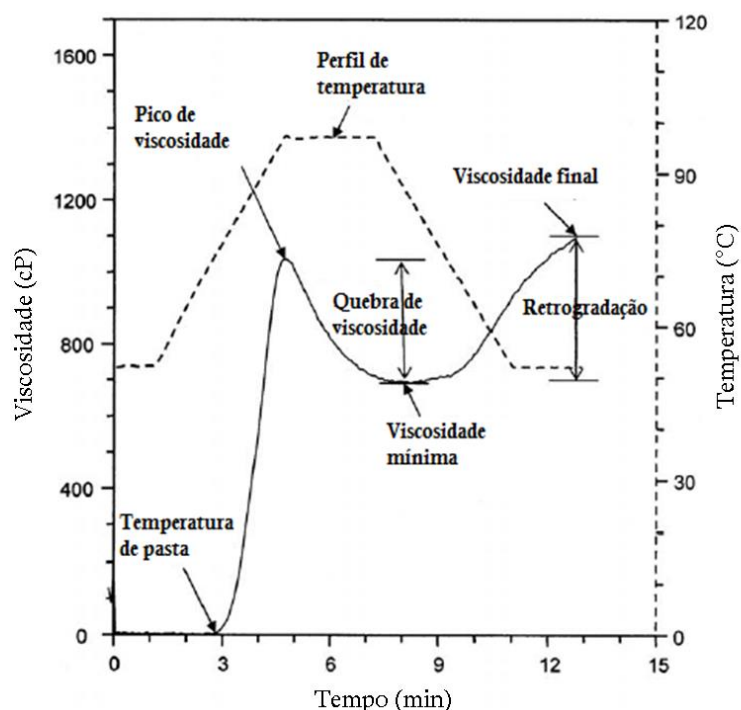


Figura 3 – Representação de uma curva típica obtida na análise das propriedades viscoamilográficas de amido de batata em um *Rapid Visco Analyzer* (RVA).

Fonte: Adaptado de KAUR et al., 2007.

É compreensível que grãos com maiores teores de amilopectina apresentem maior temperatura de gelatinização devido ao alto ponto de fusão das áreas cristalinas, necessitando de maiores temperaturas para iniciarem o processo de gelatinização do amido (DENARDIM e SILVA, 2009).

O processo de retrogradação é maior para grãos que apresentam maior teor de amilose aparente e esse processo influencia na aceitabilidade e digestibilidade dos alimentos ricos em amido (ELIASSON, 1996; THARANATHAN, 2002; ELIASSON, 2004). Quanto maior o poder de inchamento dos grãos e maior sua capacidade de reorganizar as cadeias lixiviadas de amilose durante o cozimento, maior será a retrogradação (HUGHES et al., 2009).

Para determinar o comprimento das cadeias de amilopectina se utiliza a técnica de cromatografia de exclusão por tamanho (HPSEC), esta técnica é realizada com o amido hidrolisado pelas enzimas desramificadoras (isoamilases e pululanases) que são responsáveis pela hidrólise das ligações α -1,6- D-glicosídicas, o que leva a formação de moléculas lineares de cadeia curta (LIU et al., 2017).

A cristalinidade do amido pode ser afetada pelo comprimento das cadeias da amilopectina (CM), sendo que amidos com cristalinidade do tipo A (cereais)

apresentam cadeias mais curtas ($CM \leq 19,7$), amidos do tipo B (tubérculos de alta amilose) apresentam cadeias mais longas ($CM \geq 21,6$), e cadeias com tamanhos de CM entre 20,3 e 21,3 podem ser encontradas nos amidos A, B e C, sendo que os amidos do tipo C são observados em leguminosas, frutas, caules e raízes (HIZUKURI et al., 1983).

O percentual de cadeias curtas tem relação positiva quanto ao inchamento dos grânulos de amido, já as cadeias longas tem relação positiva com temperaturas e a entalpia de gelatinização, e também com a retrogradação (CAI et al., 2015; KONG et al., 2008; WANI et al., 2008). No Brasil, pouco se sabe a respeito dos tamanhos das cadeias do amido de arroz dos genótipos cultivados.

3.4. Proteínas do arroz

Os grãos de arroz polido apresentam em sua composição cerca de 8,94% de proteínas (WALTER et al., 2008). Em comparação com outros cereais, o teor de proteína é baixo no arroz, sendo as principais proteínas de armazenamento as glutelinas e as prolaminas (KUBOTA et al., 2010).

De acordo com a classificação de Osborne (1924) quanto a solubilidade, as glutelinas são solúveis em meios alcalinos e as prolaminas em álcool. As prolaminas do arroz - comumente chamadas de oryzeínas - são pouco digeridas pelos humanos (KUBOTA et al., 2010). Segundo estudo conduzido por Balindong et al. (2018), sobre a composição proteica dos grãos e sua influência nas características de cozimento, a produção de grãos com baixos teores de prolaminas pode propiciar grãos mais macios após o cozimento e mais nutritivos.

No contexto de qualidade culinária, estudos relataram a relação do conteúdo proteico dos grãos com a textura do arroz cozido (XIE et al., 2008), relacionando alto teor de proteínas com grãos de arroz cozido mais consistentes (LYON et al., 1999).

O teor de proteína dos grãos de arroz varia entre cultivares e dentro de populações derivadas de duas cultivares parentais (ZHANG et al., 2008). Em estudo conduzido por Polidoro (2018), grãos de arroz integral das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI apresentaram valores de 7% e 7,54% de proteínas, respectivamente.

A composição do grão de arroz é influenciada pela genética e pelo ambiente, sendo que as altas temperaturas no período de enchimento dos grãos favorecem a

presença de grãos gessados em genótipos suscetíveis e, com isso, modificações nos teores de amido e proteínas, o que pode resultar em reduções no rendimento de grãos inteiros no processo de beneficiamento (SREENIVASULU et al., 2015).

Em um estudo realizado com cultivares japônicas, Zhu et al. (2017) verificaram que o teor de proteínas aumentou com o incremento na dose de nitrogênio utilizada em cobertura. Comportamento semelhante foi observado no estudo realizado por Silva et al. (2013), ao avaliar a cultivar nacional IRGA 422 CL em cinco níveis de adubação nitrogenada, onde o aumento dos níveis de nitrogênio ocasionou aumento do teor de proteína e diminuição do teor de amilose dos grãos.

4. Capítulo 1 – Diferenças nas propriedades físico-químicas e tecnológicas de grãos das espiguetas distal, mediana e basal da panícula de arroz quando colhidos nos estágios antecipado e ideal

4.1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um alimento básico para cerca de 50% da população mundial, sendo, portanto, uma das culturas de cereais mais importantes (XU et al., 2018). O rápido aumento da população mundial e a redução gradual na área das terras cultivadas têm aumentado a demanda por alimentos, principalmente por alimentos básicos como o arroz (MISHRA, RAO, RAO e KAUSHAL, 2015).

Uma ferramenta promissora resultante do melhoramento de plantas são as linhagens híbridas de arroz, que apresentam um potencial de rendimento superior às linhagens não híbridas (convencionais). Esse ganho no rendimento pode ser explicado por características aprimoradas, como mais espiguetas por panícula (WEI et al., 2018).

A taxa de enchimento de grãos das espiguetas de arroz varia entre as posições nas panículas. Normalmente, as espiguetas localizadas nos ramos primários, considerados superiores e distais, enchem mais rapidamente e produzem grãos maiores e mais pesados, enquanto as espiguetas inferiores, geralmente localizadas próximas aos ramos secundários, enchem lentamente, resultando em grãos muitas vezes malformados (YANG e ZHANG, 2010). Essas diferenças afetam a qualidade do arroz, promovendo variação no comportamento do processamento e, por esse motivo, têm atraído a atenção dos produtores e indústrias com base nas exigências do mercado consumidor (CHENG et al., 2019).

O conceito de qualidade varia de acordo com a cultura dos países e também entre as regiões do mesmo país. O valor de mercado do arroz é determinado pela aparência, pela integridade física dos grãos e por suas propriedades de cozimento, as quais são influenciadas por fatores como características varietais, manejo, condições climáticas e do solo, teor de umidade na colheita e métodos de secagem, armazenamento e industrialização (CHEN et al., 2019; ZENG et al., 2019). Além disso, a qualidade do arroz também depende do metabolismo fisiológico e bioquímico dos constituintes do grão.

A colheita do arroz é uma operação que deve ser realizada quando a síntese de todos os constituintes estiver finalizada e os grãos maduros. No beneficiamento pós-colheita, o desempenho dos grãos depende do teor de umidade da colheita (CHANDRAJITH, GUNATHILAKE, BANDARA E SWARNASIRI, 2016; SIEBENMORGEN, BAUTISTA e COUNCE, 2007).

De acordo com Siebenmorgen, Grigg e Lanning (2013), o teor ideal de umidade da colheita para o arroz cultivado nos Estados Unidos pode variar entre 19% e 22% para grãos longos e 22% e 24% para grãos médios, a fim de obter o maior rendimento de arroz durante o processamento. Uma vez que os agricultores sabem que os atrasos na colheita podem afetar a qualidade dos grãos, reduzindo o rendimento, eles realizam a colheita assim que o arroz atinge a maturidade.

Assim, considerando a divergência no desempenho de beneficiamento entre arroz híbrido e não híbrido, bem como a ausência de informações detalhadas sobre o que realmente acontece durante o enchimento de grãos, em função da posição das espiguetas na panícula de arroz, objetivou-se neste estudo investigar a qualidade dos grãos das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI obtidos de diferentes posições na panícula em diferentes estágios de colheita.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Materiais

Dois genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) foram estudados: INOV CL (híbrido) e IRGA 424 RI (convencional, não híbrido), sendo esses genótipos considerados padrões de representação do arroz encontrado na América Latina. Os grãos foram cultivados sob sistema de irrigado em uma fazenda localizada no município de Pelotas (latitude 31° 35' 20" S; longitude 52° 16' 96" W; altitude 21m; clima subtropical), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

A semeadura do genótipo INOV CL em 1/11 e do IRGA 424 RI foi realizada em 24/10 do ano agrícola 2017, a densidade de semeadura adotada foi de 42 kg/ha e 100 kg/ha, respectivamente, e a adubação de base utilizada foi de 280 kg/ha da fórmula 00-18-36 (N-P-K). A adubação de cobertura foi realizada em dois momentos, a primeira aplicação quando as plantas se encontravam no estágio vegetativo (V3-V4), ou seja, apresentavam entre três e quatro folhas e a segunda aplicação quando as

plantas encontravam-se com seis folhas, estágio vegetativo V6, sendo aplicados 250 kg/ha e 70 kg/ha respectivamente da fórmula (36-00-12).

Os manejos de controle de plantas daninhas, de irrigação, de controle de insetos e de colheita seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018). O manejo para controle de plantas invasoras foi realizado com aplicação de 3 L/ha de glyphotal (glifosato) e 700 mL (imazapique + imazetapir) no momento de ponto de agulha e o controle de doenças na cultura foi realizado com aplicação do fungicida Brio 750 mL (epoxiconazol + cresoxim metílico-estrobilurina). Quatro repetições foram colhidas manualmente de parcelas cultivadas de acordo com o manejo da cultura indicado pela Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2018). Os grãos foram colhidos com uma suposta maturidade inicial (aproximadamente 28% de umidade - primeira colheita) e um suposto estágio ideal de maturação, com 22% de umidade (segunda colheita).

As plantas foram coletadas manualmente e transportadas imediatamente para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos) da Universidade Federal de Pelotas, onde as panículas foram cortadas com tesoura e divididas em três partes equidistantes: basal, mediana e distal.

Posteriormente, as amostras foram submetidas à limpeza e, em seguida, foram secas a $32 \pm 2^\circ\text{C}$ em sacos de ráfia, usando um secador estacionário (escala piloto) até atingir 13% b.u (base úmida) de umidade. Os grãos secos foram armazenados em baldes herméticos a $18 \pm 1^\circ\text{C}$ com temperatura controlada até a realização das análises.

4.2.2. Rendimento de grãos inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi determinado pelo polimento de 80 g de arroz já descascado, usando o engenho de provas da marca Zaccaria (Tipo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil). O arroz foi polido até atingir 11% de remoção de farelo. O teor de farelo foi determinado com a seguinte equação: $DOM = \left[1 - \left(\text{peso dos grãos} \frac{\text{polidos}}{\text{peso}} \text{ dos grãos em casca} \right) \right] \times 100$, onde (DOM) representa o grau de polimento.

O comprimento dos grãos inteiros foi medido com paquímetro digital (Mitutoyo, Brasil). Os grãos com comprimento acima de 4,5mm foram considerados inteiros, com

base nas normas oficiais brasileiras para classificação de arroz (BRASIL 2009a). O rendimento de inteiros (%) foi determinado usando a seguinte equação: Rendimento de inteiros (%) = (peso de grãos inteiros após o polimento/peso do arroz em casca) x 100.

4.2.3. Peso de mil grãos e percentual de gessados

Para determinação do peso, quatro subamostras de 50 grãos polidos foram pesadas e convertidas para o peso de mil grãos, adaptado de acordo com o método descrito nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009a).

O percentual de grãos gessados foi obtido pela separação visual, pesagem e cálculo do percentual dos grãos que apresentassem 100% de sua área opaca, de acordo com as normas brasileiras para classificação de arroz (BRASIL, 2009b).

4.2.4. Teor de amilose

O teor de amilose foi determinado usando o método de iodo descrito por McGrane, Cornell e Rix (1998), com modificações. Aproximadamente 100 mg de farinha de arroz desengordurada com um tamanho de partícula inferior a 100 Mesh foram colocados em tubos de falcon de 15 mL e misturados com 8 mL de dimetilsulfóxido a 90% (DMSO).

A mistura foi agitada em um vórtex por 1 min e, em seguida, foi mantida a 85°C em banho-maria até completa gelatinização do amido e solubilização da farinha, que ocorreu 3,5 h após.

No final deste período, as amostras foram removidas do banho-maria. Após o resfriamento, as amostras foram transferidas para um balão volumétrico de 25 mL e água destilada foi adicionada até completar o volume. Uma alíquota de 1 mL desta solução foi coletada e misturada a 44 mL de água destilada e 5 mL de solução I₂/KI (0,0025 mol.L⁻¹ de I₂ e 0,0065 mol.L⁻¹ KI).

A solução resultante foi homogeneizada e deixada repousar durante 15 min antes da leitura da absorbância a 600 nm. A curva de calibração foi preparada usando amilose pura de amido de batata (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Alemanha).

4.2.5. Extração de amido

Os amidos foram extraídos da farinha de arroz pelo método alcalino, conforme descrito por Colussi et al. (2014).

4.2.6. Distribuição molecular por tamanho (HPSEC-RI)

A distribuição molecular do amido hidrolisado com isoamilase foi determinada de acordo com o método de Arijaje e Wang (2015). As amostras desengorduradas (10 mg) foram misturadas com 3,2 mL de água Millipore e mantidas em banho-maria fervente durante 30 min. Posteriormente, as amostras foram resfriadas e 0,4 mL de tampão acetato (0,1 M a pH 3,5) e 10 µL de isoamilase foram adicionados à mistura.

A mistura foi incubada a 45°C por 2 h e, ao término da incubação, a atividade da enzima foi parada através da adição de 0,21 mL de NaOH (0,2 M) e manutenção em banho-maria fervente durante 15 min. Após arrefecimento, as amostras de amido hidrolisado foram misturadas com resina de troca iônica (IONAC NM-60 H⁺/OH⁻ -Tipo I, pérolas, 16-50 mesh) durante 1 min e subsequentemente filtradas através de um filtro de membrana de 0,45 µm.

Para analisar as amostras, 200 µL de cada amostra foram injetados em um sistema HPSEC-RI (Waters, Milford, MA) equipado com bomba 515 HPLC, um degaseificador em linha, um detector de índice de refração mantido a 40°C, e colunas Shodex OHpak (KB-802 e KB-804) mantidas a 55°C.

A fase móvel consistiu em acetato de amônio (0,1 M) com azida de sódio (0,02%) e a eluição isocrática foi realizada utilizando uma taxa de 0,5 mL/min. Os percentuais das frações amilopectina e amilose foram calculados automaticamente com base em suas áreas de picos correspondentes.

4.2.7. Propriedades térmicas do amido de arroz

As propriedades térmicas dos amidos de INOV CL e IRGA 424 RI foram determinadas por calorimetria diferencial de varredura (DSC), de acordo com Pinkaew, Wang e Naivikul (2017), com algumas modificações. Os amidos de arroz (4 mg) foram colocados em painéis de aço inoxidável e misturados com 8 µL de água deionizada. Após 1 h, as painéis foram analisadas em DSC (modelo Diamond, Perkin-Elmer Co., Norwalk, CT) de 25°C a 130°C, em uma taxa de aquecimento de 10°C/min.

Foram determinadas as temperaturas de início (To), pico (Tp), e conclusão (Tc) da gelatinização, além da entalpia de gelatinização (ΔH) e da faixa de temperatura de gelatinização (calculada subtraindo Tc de To).

4.2.8. Cristalinidade relativa (difração de raios-X)

Os padrões de difração de raios-X dos grãos de arroz moídos foram obtidos usando um difratômetro de raios-X com câmara para temperaturas criogênicas (Bruker, D8 Advance). A região de varredura de difração variou entre 5°C e 45°C com uma tensão alvo de 40 kV, corrente de 40 mA e comprimento de onda (λ): 1,5418Å.

A cristalinidade relativa (CR) foi calculada como descrito por Vanier et al. (2019), usando a equação: $CR (\%) = [Ac / (Ac + Aa)] \times 100$, onde Ac é a área cristalina e Aa é a área amorfa, ambas obtidas nos difratogramas de raios-X.

4.2.9. Perfil viscoamilográfico, teor de proteína bruta e solubilidade proteica em diferentes meios

Os perfis viscoamilográficos foram determinados usando um analisador rápido de viscosidade (RVA - 4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Austrália), de acordo com o Método 61-02 da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000), utilizando a Análise de Perfil Padrão 1.

Amostras de 4,0 g (14 g/100 g de base úmida) foram pesadas diretamente no recipiente de RVA (canister) e 25 mL de água destilada foram adicionados na sequência. As amostras foram aquecidas a 50°C por 1 min e depois a 95°C por 3,5 min, e mantidas a 95°C por 2,5 min. Na sequência as amostras foram resfriadas a 50°C por 3,8 min e mantidas a 50°C por 2 min. Os parâmetros determinados incluíram temperatura de pasta, pico de viscosidade, quebra de viscosidade, viscosidade final e retrogradação.

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método AACC 46-13 (AACC, 1995), utilizando um fator de conversão de nitrogênio em proteína de 5,95. A solubilidade proteica foi determinada em três diferentes meios de extração, sendo esses (1) água, (2) solução de dodecilsulfato de sódio (SDS) a 2% e em (3) meio contendo 2% - SDS + 1% de β -mercaptoetanol, de acordo com o método descrito por Batista et al. (2019).

4.3. Análise estatística

A análise dos dados foi realizada por análise de variância (ANOVA). A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey, com um nível de significância de 5%.

4.4. Resultados e discussão

4.4.1. Rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos e porcentagem de grãos gessados

Os resultados obtidos para o rendimento de grãos inteiros, o peso de mil grãos e a porcentagem de grãos gessados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos, grãos gessados e teor de amilose de grãos de diferentes posições na panícula colhidos em dois estágios.

Variáveis ^a	Posição na panícula	Inov CL		Posição na panícula	Irga 424 RI	
		1 ^a colheita	2 ^a colheita		1 ^a colheita	2 ^a colheita
Rendimento de grãos inteiros (%)	Distal	58,9 ± 1,5 ^{a*}	63,8 ± 0,3 ^a	Distal	67,2 ± 2,5 ^{a ns}	69,8 ± 0,4 ^a
	Mediana	54,9 ± 0,6 ^{b*}	60,9 ± 0,4 ^b	Mediana	57,5 ± 0,8 ^{b*}	68,9 ± 0,4 ^a
	Basal	37,4 ± 0,1 ^{c*}	52,3 ± 0,2 ^c	Basal	46,9 ± 0,8 ^{c*}	68,2 ± 0,3 ^a
Grãos gessados (%)	Distal	0,3 ± 0,0 ^{a*}	0,1 ± 0,0 ^a	Distal	0,1 ± 0,1 ^{b*}	0,0 ± 0,0 ^a
	Mediana	0,8 ± 0,1 ^{a*}	0,2 ± 0,1 ^a	Mediana	0,2 ± 0,0 ^{b*}	0,1 ± 0,0 ^a
	Basal	1,0 ± 0,6 ^{a ns}	0,4 ± 0,2 ^a	Basal	0,6 ± 0,1 ^{a*}	0,3 ± 0,2 ^a
Peso de mil grãos (g)	Distal	29,3 ± 0,6 ^{a*}	30,1 ± 0,3 ^a	Distal	25,9 ± 0,6 ^{a*}	26,3 ± 0,3 ^a
	Mediana	28,3 ± 0,5 ^{b*}	29,4 ± 0,5 ^{ab}	Mediana	25,0 ± 0,4 ^{a*}	25,5 ± 0,4 ^b
	Basal	26,1 ± 1,0 ^{c*}	28,8 ± 0,7 ^b	Basal	23,4 ± 0,7 ^{b*}	25,4 ± 0,5 ^b
Teor de amilose (%)	Distal	22,8 ± 1,7 ^{a ns}	24,1 ± 0,8 ^a	Distal	24,1 ± 0,9 ^{a ns}	24,0 ± 0,8 ^a
	Mediana	23,4 ± 1,2 ^{a ns}	24,5 ± 0,5 ^a	Mediana	21,0 ± 0,8 ^{b ns}	23,2 ± 0,6 ^{ab}
	Basal	23,8 ± 0,6 ^{a ns}	25,4 ± 0,7 ^a	Basal	21,7 ± 0,1 ^{b ns}	22,1 ± 0,4 ^b

Os valores compreendem a média de quatro determinações. Letras diferentes, na mesma coluna, dentro da mesma propriedade, indicam médias que diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * e ^{ns} indicam médias, na mesma linha, para a mesma cultivar, que diferem e não diferem, respectivamente, pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Em geral, o rendimento de inteiros foi maior para os grãos da 2ª colheita em ambos os genótipos em todas as posições na panícula, exceto para o IRGA 424 RI na posição distal, onde não foi observada diferença entre as duas épocas de colheita estudadas.

De acordo com Siebenmorgen et al. (2007), o teor de umidade de colheita ao redor de 22% é apropriado para obter um ótimo rendimento de arroz para grãos longos. Assim, o aumento observado para o rendimento de inteiros na 2ª colheita pode ser explicado pelo teor de umidade adequado de 22%.

Para a cultivar IRGA 424 RI, o rendimento de inteiros na 2ª colheita não foi afetado pela posição na panícula. Observou-se uma tendência do rendimento de inteiros, ao comparar os resultados de rendimento de inteiros para grãos de diferentes posições na panícula no mesmo período de colheita, onde a posição distal proporcionou maior rendimento do que as posições mediana e basal.

Esse comportamento pode ser explicado pela uniformidade do tempo de floração, que começa com as espiguetas superiores, que conseqüentemente se formam mais rapidamente e atingem a maturação mais cedo, promovendo melhores resultados no rendimento de grãos inteiros dos grãos da porção distal.

Considerando o mesmo tempo de colheita e a mesma posição na panícula, observou-se maior rendimento de inteiros para o IRGA 424 RI comparado ao INOV CL. Essas diferenças podem estar relacionadas as características genéticas e ao menor teor de grãos gessados observada nos tratamentos da cultivar IRGA 424 RI em relação aos tratamentos estudados para a INOV CL (Tabela 1). Os grãos gessados são considerados mais fracos e mais suscetíveis à quebra durante o processamento do arroz.

O percentual de grãos gessados para ambos os genótipos em diferentes posições na panícula foi maior na primeira colheita, exceto para o INOV CL na posição basal, que apresentou percentual semelhante de grãos gessados nos dois períodos de colheita. Por outro lado, foi observada uma redução geral no percentual de grãos gessados para o INOV CL (redução de cerca de 60%) e o IRGA 424 RI (redução de cerca de 40%) na segunda época de colheita.

O gessamento é caracterizado pela presença de opacidade nos grãos devido ao arranjo mais frouxo entre os grânulos de amido e as proteínas dentro das células do endosperma do arroz.

Os fatores que contribuem para a ocorrência de grãos gessados foram extensivamente estudados, e as condições climáticas adversas e a alta temperatura do ar durante o estágio de enchimento dos grãos são os principais motivos relatados (CHENG et al., 2005).

Independentemente do tempo de colheita, as amostras da posição basal da panícula apresentaram maior percentual de grãos gessados, o que pode ser explicado em parte pelo efeito de sombreamento da presença das espiguetas medianas e distais (DENG et al., 2018).

Em geral, para grãos longos, o arroz de alta qualidade está associado a grãos mais translúcidos, formato regular e textura não pegajosa (ZHOU et al., 2015; FITZGERALD, MCCOUCH, HALL, 2009). Assim, é possível inferir que os grãos colhidos com 22% de umidade (2ª colheita) a partir da posição superior da panícula, independentemente da cultivar estudada, podem apresentar uma melhor qualidade de beneficiamento e de cozimento para os consumidores que procuram arroz não pegajoso.

O comportamento observado para o peso de mil grãos foi semelhante ao observado para os grãos gessados (Tabela 1). Em geral, os grãos da posição superior da panícula apresentaram peso de mil grãos maior do que os coletados nas posições mediana e basal.

Segundo Mohapatra, Patel e Sahu (1993), os grãos da posição basal apresentam menor acúmulo de matéria seca durante a condução de fotoassimilados e conversão desses em amido e também pelo controle hormonal da panícula menos eficiente.

Comparado ao IRGA 424 RI, o híbrido INOV CL apresentou maior peso de mil grãos e maior percentual de grãos gessados, independentemente da posição da panícula. Em um trabalho anterior, Zhou et al. (2009) encontraram uma correlação positiva entre o peso de mil grãos e a ocorrência de gesso devido a fatores genéticos, como locus de características quantitativas (QTLs) que controlam ambas as características e estavam presentes no mesmo intervalo do genoma do arroz. Assim, pode-se inferir que diferenças genéticas nos QTLs que controlam o gessamento do híbrido INOV CL e do IRGA 424 RI também podem ter influenciado na ocorrência do gesso.

4.4.2. Teor de amilose e propriedades estruturais do amido

A maior parte das amostras das diferentes posições nas panículas, tanto da cultivar INOV CL como da cultivar IRGA 424 RI, apresentaram teor intermediário de amilose, variando de 21,7 a 24,5%. A exceção foi a posição basal da cultivar INOV CL, que apresentou alto teor de amilose (superior a 25%) (Tabela 1).

O teor de amilose foi semelhante nos grãos do híbrido INOV CL, não sendo observadas diferenças significativas como resultado da posição na panícula e do estágio da colheita. Por outro lado, os grãos da cultivar IRGA 424 RI na posição distal apresentaram maior teor de amilose na 1ª colheita. O arroz das posições superior e mediana na panícula apresentou o maior teor de amilose quando colhido no estágio de suposta maturidade ideal (2ª colheita) (Tabela 1).

Em geral, os grãos localizados em ráquides primários e na posição superior apresentaram maior teor de amilose do que aqueles na posição basal devido ao florescimento precoce, o que implica em diferenças na temperatura do ambiente quando da ocorrência desencontrada do período crítico do estágio de enchimento dos grãos para esta característica. Além disso, a atividade da enzima de síntese de amilose (GBSS – do inglês *granule bound starch synthase*) é favorecida por períodos mais longos de enchimento (WANG et al., 2020).

Para investigar se os amidos de diferentes posições na panícula e umidades de colheita apresentavam estruturas diferentes, fez-se o processo de isolamento desse carboidrato. A distribuição do peso molecular dos amidos desramificados com isoamilase, medida por HPSEC-RI, é ilustrada na Figura 1.

Todos os amidos obtidos das amostras estudadas do híbrido INOV CL (Fig. 4A) e IRGA 424 RI (Fig. 4B) apresentaram distribuição de peso molecular semelhante. As proporções de cadeias desramificadas curtas (F3) e longas (F2) da fração amilopectina e amilose (F1) não mostraram diferenças entre o período de colheita e a posição da panícula (Fig. 4), indicando estrutura molecular do amido semelhante no endosperma dos grãos.

Li, Prakash, Nicholson, Fitzgerald e Gilbert (2016) relataram que o teor e o tamanho das cadeias de amilose podem influenciar na dureza do arroz cozido. Além disso, o tamanho da amilopectina e a distribuição do comprimento da cadeia nos lixiviados também colaboram para a viscosidade do arroz cozido.

Supõe-se que, embora as proporções de amilopectina e amilose sejam semelhantes entre as posições na panícula (Fig. 4) para ambos os genótipos, as diferenças na estrutura fina da amilose, que não foram avaliadas neste estudo, possam impactar significativamente as propriedades viscoamilográficas e de cozimento das cultivares de arroz estudadas.

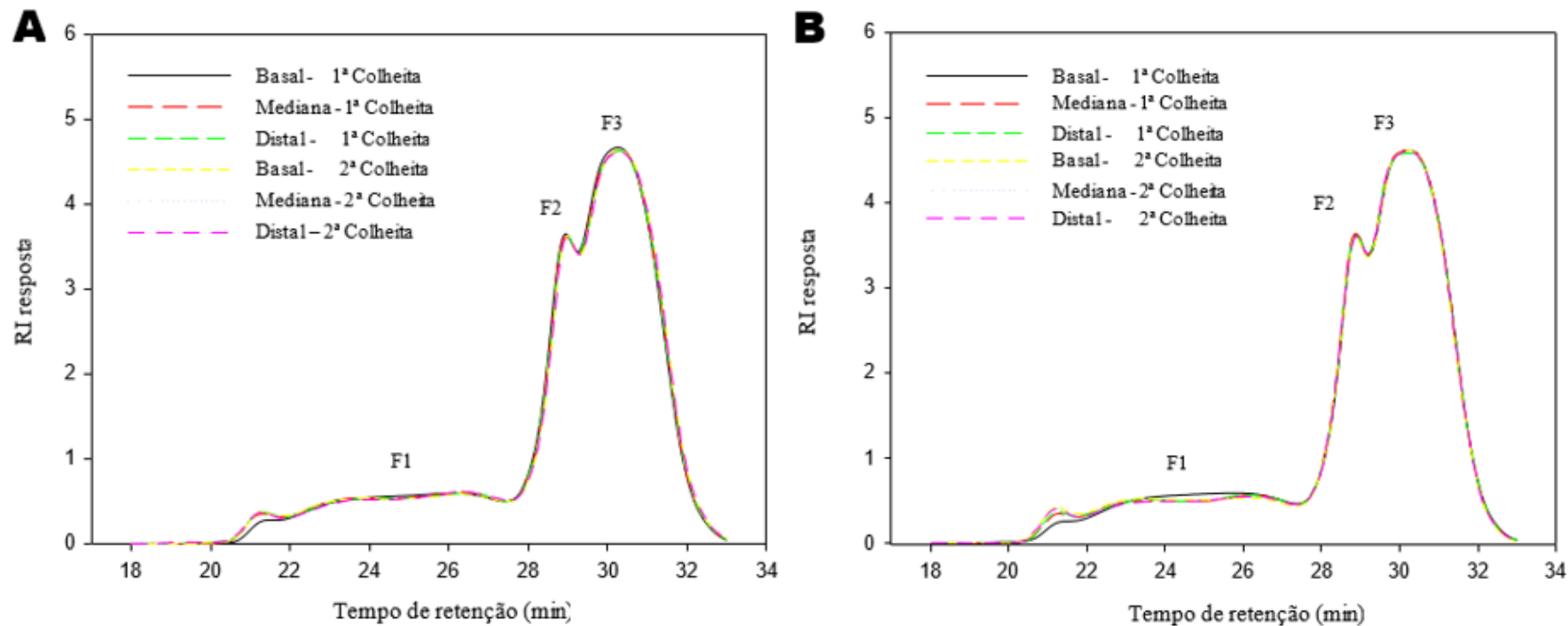


Figura 4 – Cromatogramas de exclusão por tamanho de amidos desramificados com isoamilase das cultivares INOV CL (A) e IRGA 424 RI (B) em diferentes épocas de colheita e posição na panícula. F1- amilose, F2- cadeias longas desramificadas de amilopectina, F3- cadeias curtas desramificadas da amilopectina.

A distribuição do comprimento da cadeia da amilopectina também controla as propriedades de gelatinização (LI, WEN, WANG e BAOGUO, 2018; VANDEPUTTE, VERMEYLEN, GEEROMS e DELCOUR, 2003). No entanto, no presente estudo, as temperaturas de gelatinização dos grãos de arroz não foram diferentes entre a posição na panícula e o momento de colheita (dados não apresentados), variando entre $60,02 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ a $61,19 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$ para a temperatura inicial de gelatinização (T_0) e $12,72 \pm 0,44 \text{ J/g}$ a $13,64 \pm 0,08 \text{ J/g}$ para a entalpia de gelatinização (ΔH) dos tratamentos INOV CL e $55,88 \pm 0,06^{\circ}\text{C}$ a $59,96 \pm 0,65^{\circ}\text{C}$ para T_0 e $12,31 \pm 0,24 \text{ J/g}$ a $13,31 \pm 0,64 \text{ J/g}$ para ΔH do IRGA 424 RI.

Os amidos isolados apresentaram um padrão de cristalinidade do tipo A, com picos principais nos ângulos de difração 2θ de 15° , 17° , 18° e 23° (Fig. 5).

Os grãos da cultivar INOV CL apresentaram maiores valores de cristalinidade relativa para as posições superior e mediana em comparação com a posição basal nos dois estágios de colheita (Fig. 5A e 2B). Em relação a cultivar IRGA 424 RI, os valores de cristalinidade relativa foram maiores para a posição basal (Fig. 5C e 5D).

As diferenças na cristalinidade relativa para a mesma cultivar podem ser atribuídas a fatores como tamanho do cristalito e perfeição do arranjo cristalino, número de cristais organizados na matriz cristalina, teor de umidade e conteúdo polimórfico (HOOVER, HUGHES, CHUNG e LIU, 2010).

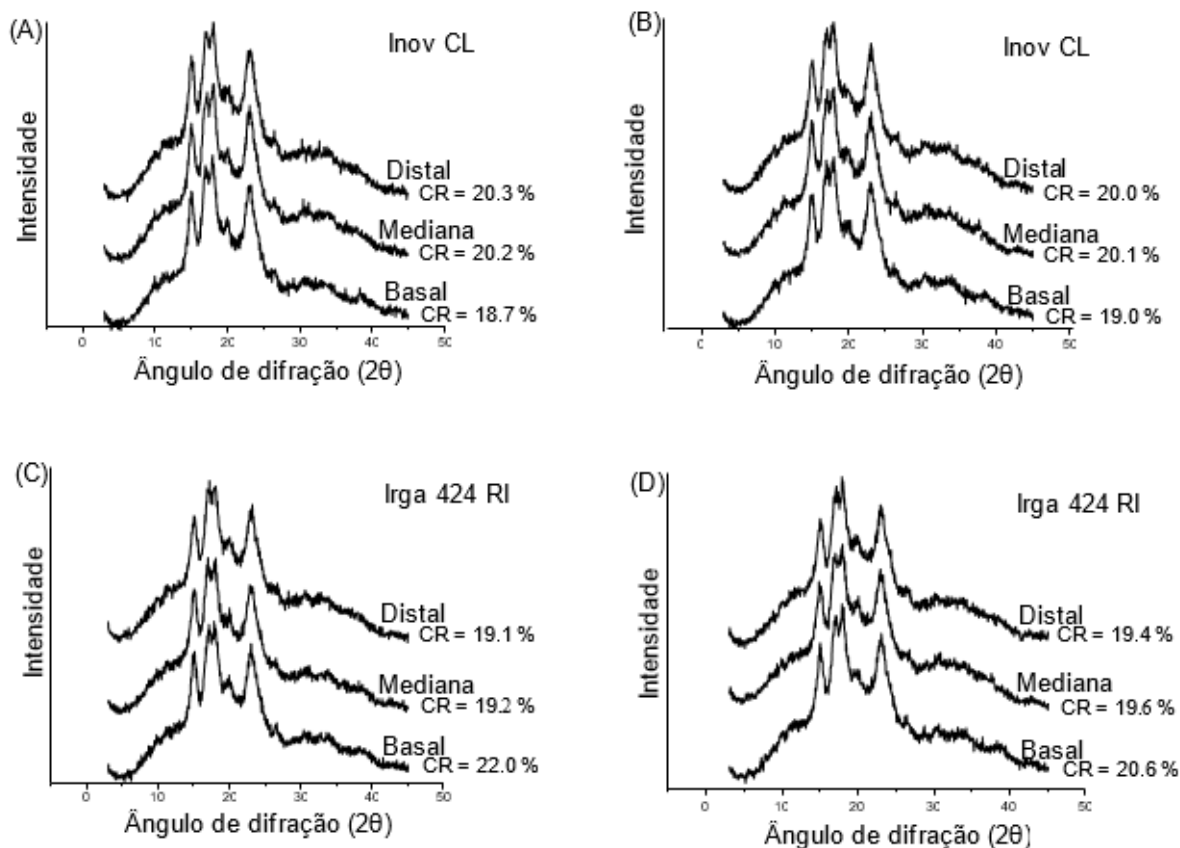


Figura 5 - Padrões de difração de raios-X de arroz moído a partir de diferentes posições na panícula das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI nos períodos de 1ª colheita (A e C) e 2ª colheita (B e D), respectivamente.

4.4.3. Perfil viscoamilográfico, teor e extração de proteínas

Comparando-se as posições na panícula da cultivar IRGA 424 RI, as alterações foram observadas principalmente na 2ª colheita, onde as viscosidades de quebra e retrogradação foram maiores na posição basal (Tabela 2).

As mudanças que ocorrem na viscosidade durante o período de cozimento transmitem informações sobre a estabilidade do amido a altas temperaturas. Por outro lado, as mudanças que ocorrem no ciclo de resfriamento mostram a consistência do gel e a tendência à reorganização das moléculas de amido (MIAO, ZHANG e JIANG, 2009).

Portanto, o amido extraído dos grãos localizados na posição basal da panícula apresentou menor estabilidade sob temperaturas mais altas, maior quebra granular e maior tendência à retrogradação. A cultivar IRGA 424 RI apresentou um pico de viscosidade maior no 2º período de colheita em relação à 1ª colheita, independentemente da posição da panícula (Tabela 2).

Tabela 2 - Propriedades de pasta do arroz das cultivares Inov CL e Irga 424 RI em função da posição da panícula e do estágio de colheita.

Parâmetros ^a	Posição na panícula	Inov CL		Posição na panícula	Irga 424 RI	
		1ª colheita	2ª colheita		1ª colheita	2ª colheita
Temperatura de pasta (°C)	Distal	69,5 ± 0,07 ^{a ns}	69,9 ± 0,45 ^a	Distal	68,3 ± 0,4 ^{a ns}	69,8 ± 0,4 ^a
	Mediana	69,8 ± 0,35 ^{a ns}	69,8 ± 0,47 ^a	Mediana	69,2 ± 0,6 ^{a ns}	68,9 ± 0,4 ^a
	Basal	69,7 ± 0,40 ^{a ns}	69,2 ± 0,46 ^a	Basal	68,2 ± 0,4 ^{a ns}	68,2 ± 0,3 ^a
Pico de viscosidade (RVU)	Distal	547,1 ± 11,8 ^{a ns}	544,5 ± 16,5 ^b	Distal	566,6 ± 7,3 ^{a *}	641,1 ± 17,7 ^a
	Mediana	570,2 ± 13,1 ^{a ns}	570,9 ± 0,63 ^a	Mediana	560,6 ± 10,4 ^{a *}	642,8 ± 12,2 ^a
	Basal	570,3 ± 42,7 ^{a ns}	555,6 ± 5,41 ^{ab}	Basal	595,9 ± 14,7 ^{b *}	637,5 ± 1,67 ^a
Quebra de viscosidade (RVU)	Distal	138,5 ± 15,3 ^{a ns}	128,3 ± 6,2 ^b	Distal	136,1 ± 6,0 ^{a ns}	130,2 ± 6,2 ^b
	Mediana	127,2 ± 2,6 ^{a *}	151,1 ± 1,1 ^a	Mediana	144,3 ± 10,8 ^{a ns}	127,0 ± 4,7 ^b
	Basal	121,2 ± 6,4 ^{a *}	152,0 ± 5,2 ^a	Basal	146,3 ± 9,9 ^{a ns}	144,0 ± 0,3 ^a
Viscosidade final (RVU)	Distal	752,9 ± 16,0 ^{b *}	778,9 ± 16,4 ^a	Distal	817,2 ± 7,4 ^{a ns}	809,8 ± 0,2 ^b
	Mediana	800,9 ± 1,1 ^{a ns}	781,2 ± 1,2 ^a	Mediana	802,9 ± 20,5 ^{a ns}	817,2 ± 10,5 ^{ab}
	Basal	799,6 ± 9,0 ^{a ns}	788,8 ± 34,0 ^a	Basal	801,7 ± 2,7 ^{a *}	826,4 ± 0,3 ^a
Retrogradação (RVU)	Distal	344,2 ± 19,5 ^{a ns}	362,8 ± 6,4 ^a	Distal	325,9 ± 5,3 ^{b ns}	298,9 ± 11,7 ^b
	Mediana	357,9 ± 14,6 ^{a ns}	361,3 ± 2,9 ^a	Mediana	367,2 ± 23,1 ^{a *}	301,5 ± 3,0 ^b
	Basal	350,5 ± 27,2 ^{a ns}	347,4 ± 5,4 ^b	Basal	343,5 ± 10,6 ^{ab ns}	332,9 ± 1,1 ^a

^a Os valores correspondem a média de três determinações. Valores com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * e ^{ns} indicam valores que diferem e não diferem, respectivamente, pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$) entre as coletas da mesma cultivar.

Tabela 3 – Teor de proteína bruta (%) e rendimento de extração de proteínas (%) em diferentes meios.

		Teor de proteína (%)			
Posição na panícula	Inov CL		Irga 424 RI		
	1ª colheita	2ª colheita	1ª colheita	2ª colheita	
Distal	5,6±0,2 ^{a ns}	5,7±0,0 ^b	5,8±0,2 ^{a ns}	6,0±0,2 ^a	
Mediana	5,5±0,2 ^{a ns}	5,1±0,0 ^c	5,7±0,4 ^{a ns}	6,3±0,5 ^a	
Basal	5,2±0,6 ^{a *}	6,2±0,0 ^a	5,3±0,2 ^{a ns}	6,5±0,4 ^a	
		Extração de proteínas (%)			
Meio de extração de proteínas	Posição na panícula	Inov CL		Irga 424 RI	
		1ª colheita	2ª colheita	1ª colheita	2ª colheita
Água	Distal	4,7±0,2 ^{a ns}	3,6±0,9 ^a	6,3±0,7 ^{a ns}	6,0±0,2 ^a
	Mediana	3,5±0,0 ^{a ns}	3,6±0,0 ^a	6,9±0,2 ^{a ns}	5,8±0,1 ^a
	Basal	3,7±2,1 ^{a ns}	4,5±0,5 ^a	7,0±0,1 ^{a ns}	6,7±0,5 ^a
SDS	Distal	59,1±3,4 ^{a ns}	50,8±0,8 ^b	62,0±4,7 ^{a ns}	53,8±1,2 ^a
	Mediana	56,6±0,9 ^{a ns}	59,3±1,2 ^a	60,3±5,0 ^{a ns}	52,9±0,6 ^a
	Basal	63,7±0,4 ^{a ns}	59,1±0,7 ^a	62,2±1,2 ^{a ns}	55,3±0,4 ^a
SDS + β-mercaptoetanol	Distal	90,2±0,0 ^{a ns}	85,4±1,2	92,0±0,0 ^{a ns}	93,4±2,7 ^a
	Mediana	88,2±2,2 ^{a ns}	87,4±1,5	93,3±0,6 ^{a ns}	89,4±0,6 ^a
	Basal	92,0±1,8 ^{a ns}	87,5±0,0	92,3±0,4 ^{a ns}	90,1±1,4 ^a

^a Os valores correspondem a média de três determinações. Valores com diferentes letras dentro da mesma coluna e dentro da mesma propriedade diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * e ^{ns} indicam valores que diferem e não diferem, respectivamente, pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$) entre os tempos de colheita para a mesma cultivar.

O segundo maior componente da cariopse do arroz são as proteínas, estando 80% do total de proteínas do arroz localizadas na fração do endosperma. Os teores de proteína bruta (Tabela 3) variaram de 5,1% a 6,5%, e não diferiram estatisticamente entre as posições da panícula.

As amostras do INOV CL no 2º momento de colheita, com teor de umidade médio de 22%, apresentaram diferentes teores de proteínas entre as posições da panícula, onde as espiguetas na posição basal apresentaram maior teor de proteína. O maior teor de proteína nessas espiguetas basais do híbrido INOV CL pode estar correlacionado com o menor acúmulo de amido, o que pode ser confirmado pelos resultados de peso de mil grãos (Tabela 1).

A solubilidade/rendimento de extração de proteínas fornece informações sobre a força do arranjo de enovelamento de proteínas e/ou interação proteína-proteína e/ou interação proteína-amido e, geralmente, proteínas mais extraíveis indicam enovelamento e interações proteicas mais fracas, resultando em um amido mais exposto e suscetível a degradação térmica e enzimática (VILLANOVA et al., 2017).

A extração proteica em diferentes meios (Tabela 3) não diferiu entre os estágios de colheita e a posição da panícula em quase todos os tratamentos, exceto as proteínas extraídas em meio SDS do arroz INOV CL colhido das espiguetas superiores na 2ª colheita.

O SDS promove a desnaturação de proteínas por rompimento das interações hidrofóbicas (ligação de hidrogênio, força de Van der Waals) (SRISTY et al., 2019). A menor capacidade de extração de proteínas indica a presença de um arranjo mais forte de enovelamento de proteínas e/ou interação proteína-proteína e/ou interação proteína-amido nas espiguetas superiores do INOV CL na 2ª colheita. No entanto, como a única diferença de capacidade de extração de proteínas foi determinada para essa amostra em particular, supõe-se que o arranjo e/ou as interações proteicas não estejam diretamente relacionados à resistência mecânica dos grãos e aos resultados de rendimento de grãos inteiros. Outra possibilidade é que a técnica de extração de proteínas aplicada não seja precisa para explicar esse comportamento.

4.5. Conclusões

Para alcançar alto rendimento de grãos inteiros, elevado peso de mil grãos e baixa porcentagem de grãos gessados, os grãos de arroz das cultivares estudadas podem ser colhidos com 22% de umidade ou o mais próximo possível disso, e não no estágio inicial de maturidade de 28% de umidade.

O teor de amilose e a estrutura do amido das cultivares INOV CL e IRGA 424 RI não diferiram entre os estágios de colheita estudados. Em relação à posição na panícula, apenas a cultivar IRGA 424 RI apresentou grãos da posição distal da panícula com maior teor de amilose do que os da posição basal, independentemente do tempo de colheita estudado.

Os resultados apresentados auxiliarão pesquisadores, agricultores e indústrias a compreender as diferenças de qualidade do arroz entre os grãos de diferentes posições na panícula de plantas híbridas e não híbridas durante a perda de água pós maturação fisiológica.

Além disso, os resultados apresentados melhoram o banco de dados científicos sobre fatores que afetam a qualidade dos grãos de cultivares híbridas e não híbridas, apresentando lacunas que poderão ser consideradas por pesquisadores de arroz em futuros programas de melhoramento.

5. Capítulo 2 – Efeitos da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura sobre a qualidade industrial de grãos dos cultivares INOV CL e IRGA 424 RI

5.1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) destaca-se por ser um alimento básico na dieta da população mundial (NARPINDER et al. 2005; AREUM et al. 2015), estando entre os cereais mais cultivados. O bom desempenho em produtividade visa garantir a segurança alimentar de muitos países (ZHU et al., 2017) principalmente os subdesenvolvidos.

Combinações de manejos agrícolas como densidade de semeadura e adubação nitrogenada proporcionam incremento em produtividade na cultura do arroz (SUN et al., 2012; HUANG et al., 2013; AHMED et al., 2016). Dentre os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura do arroz, a adubação nitrogenada desempenha papel fundamental por ser o nitrogênio o nutriente de maior demanda da cultura, além de ser responsável pelo incremento do rendimento (CASSMANN et al., 2003). O nitrogênio pode interferir não somente na produtividade, mas também na qualidade dos grãos (ZHU et al., 2017).

A produtividade da cultura do arroz é determinada pelo (1) número de panículas por unidade de área, (2) número de espiguetas que compõem a panícula, (3) percentual de enchimento dos grãos das espiguetas e (4) peso dos grãos. O incremento em produtividade pode ser favorecido com o aumento do número de panículas ou do número de espiguetas que compõem a panícula quando as condições forem favoráveis (LU et al., 2008).

Além do incremento em produtividade, a qualidade alimentar e culinária tem sido cada vez mais discutida entre produtores e pesquisadores (BAO, 2012). A qualidade culinária está associada a atributos como aparência, odor, viscosidade, sabor e retrogradação (ZHANG et al., 2016). Atributos como dureza e pegajosidade interferem na aceitação do arroz (SIRIPHOLLAKUL et al., 2017).

No estado do Rio Grande do Sul, a cultivar IRGA 424 RI tem sido a mais semeada, correspondendo a 51,42% da área semeada em 2020/2021 (IRGA, 2021). Suas vantagens são resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, cultivar de ciclo precoce com alta produtividade de grãos, maior tolerância à brusone

na folha e na panícula, resistência à toxidez de ferro no solo, adaptabilidade de cultivo em todo o estado (SOSBAI, 2018) e também em regiões do estado de Santa Catarina, Paraná e Tocantins. Embora seja a cultivar mais semeada em função das suas características positivas, a ocorrência de centro branco acima dos limites observados para cultivares premium constituem uma reclamação recorrente por parte das indústrias. Já a cultivar híbrida INOV CL tem como principal vantagem a alta capacidade de emissão de afilhos, além de ser precoce, apresentar boa resposta à adubação, alta produtividade, bom desempenho industrial e culinário, resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (SOSBAI, 2018). Sua qualidade de grãos é geralmente inferior a IRGA 424 RI devido aos genótipos híbridos apresentarem menor rendimento industrial quando comparados aos genótipos convencionais (POLIDORO, 2018).

A aplicação de nitrogênio pode interferir na textura do arroz cozido, deixando os grãos mais consistentes e com menor pegajosidade devido ao aumento do teor de proteínas e à diminuição do teor de amilose aparente (CHAMPAGNE et al., 2009; SINGH et al., 2011).

Objetivou-se, com este estudo, avaliar efeitos da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio utilizada na adubação de cobertura sobre a qualidade de grãos do genótipo híbrido INOV CL e do convencional IRGA 424 RI.

5. 2. Material e métodos

5.2.1. Materiais e preparo de amostras

Os genótipos utilizados foram INOV CL (híbrido) e IRGA 424 RI (convencional), os quais foram cultivados em uma propriedade rural do município de Pelotas, Rio Grande do Sul (latitude 31° 46' 19" S e longitude 52° 20' 33" W). Foram preparadas parcelas com 4,42m x 40m. A semeadura na Safra 2018-2019 ocorreu em 19/10/2018 e na safra 2019-2020 ocorreu em 10/10/2019. Na primeira safra agrícola as características climáticas para a região foram de El niño para a primeira safra e La niña para a segunda safra, o que caracterizou diferenças quanto a presença de chuvas e temperaturas. As temperaturas máxima e mínima, precipitação e radiação solar no município de Pelotas para os dias de ciclo da cultura nas Safras 2018-2019 e 2019-2020 estão apresentados nas Figuras 6 e 8.

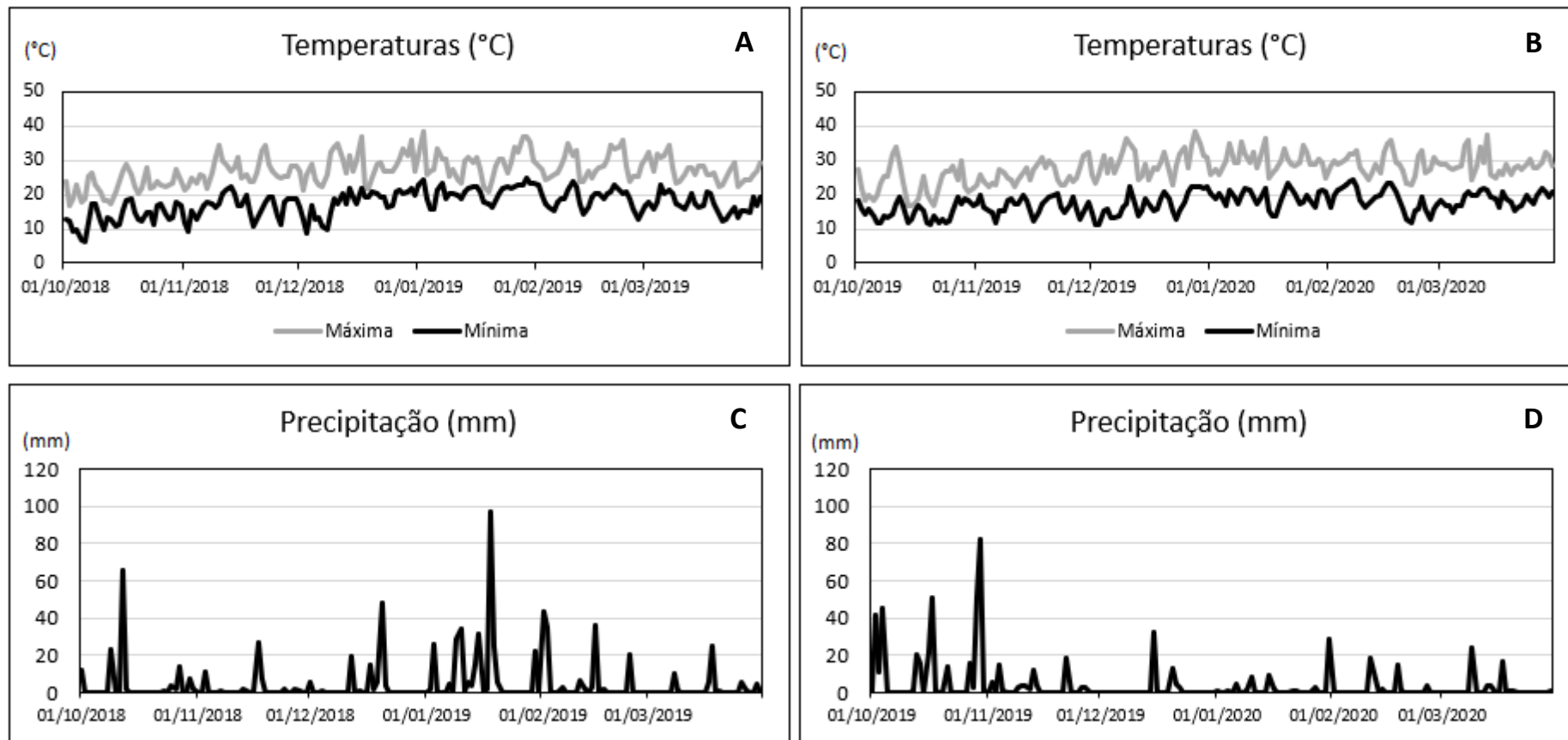


Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitação no município de Pelotas durante o ciclo da cultura do arroz irrigado nas Safras 2018-2019 (A e C) e 2019-2020 (B e D).

Fonte: EMBRAPA, 2021.

Os genótipos foram semeados com três densidades de semeadura (50, 75 e 100 kg de sementes por hectare) e dois níveis de adubação nitrogenada de cobertura que são comumente utilizadas entre orizicultores (130 e 180 kg de nitrogênio por hectare), sendo mantida a mesma adubação de base para ambos. O delineamento que foi utilizado para a execução do experimento foi em faixas onde subparcelas foram colhidas dentro de cada faixa.

A adubação de base utilizada foi de 200 kg/ha da fórmula 2-20-30 (N-P-K). As adubações nitrogenadas em cobertura foram divididas em duas etapas: 70% da dose no momento do afilhamento (V6) e o restante no momento da diferenciação da panícula (R0). Os manejos de controle de plantas daninhas, de irrigação, de controle de insetos e de colheita seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018).

O manejo para controle de plantas invasoras foi realizado com aplicação de 3 L/ha de glyphotal (glifosato) e 130 gramas de Kifix (imazapique + imazapir) no momento de ponto de agulha da cultura (momento em que 50% das plantas estão emergidas) e o controle de doenças na cultura foi realizado com aplicação dos fungicidas Duo Dinâmico (300 g de bim + 750 mL de tebuconazole por hectare) e de Nativo 750 mL/ha (tebuconazol + trifloxistrobina).

No momento da colheita, em cada parcela foram dispostas quatro áreas (subparcelas) de 2 m² de forma aleatória, que estiverem no talhão e não sobre marachas, para colheita manual. As subparcelas foram colhidas manualmente quando atingiram umidade aproximada de 24%.

Logo após colhidos, os grãos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos) do PPGCTA-FAEM-UFPel, onde foi realizada a secagem em secador estacionário de escala piloto a 35°C até umidade de 12,5%. Os grãos secos e limpos foram armazenados em embalagens herméticas a 16°C com temperatura controlada até o momento das avaliações. Na Figura 7 está representada a imagem aérea da área experimental.

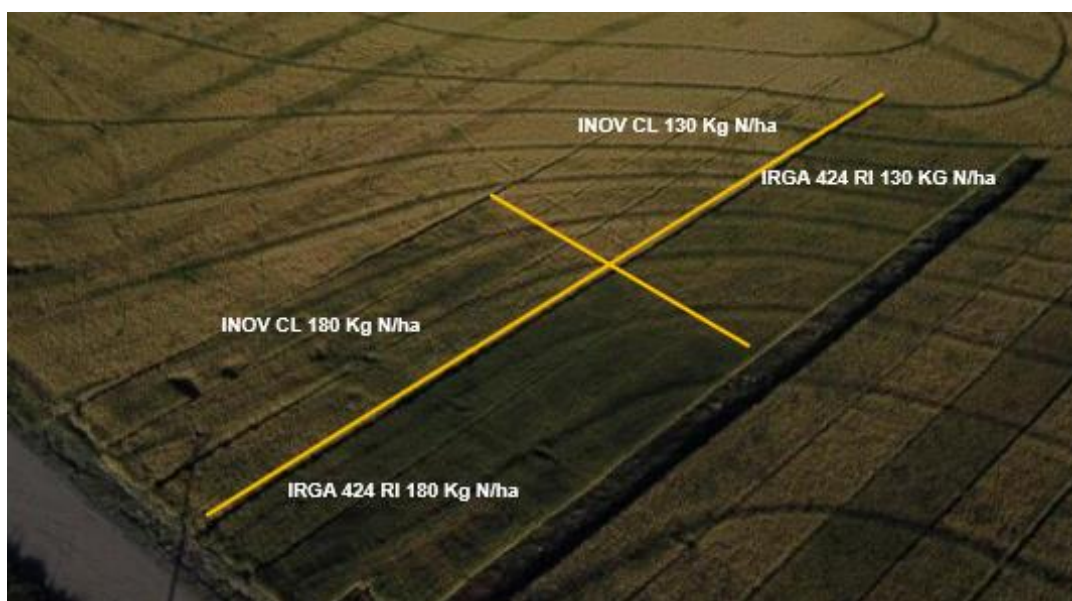


Figura 7 – Imagem aérea da área experimental.

5.2.2. Métodos

5.2.2.1. Peso de mil grãos

Para determinação do peso, oito subamostras de 100 grãos polidos foram pesadas e convertidas para o peso de mil grãos, de acordo com o método descrito nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009a).

5.2.2.2. Rendimento de grãos inteiros

O rendimento de grãos inteiros foi determinado pelo polimento de 80 g de arroz já descascado, usando o engenho de provas da marca Zaccaria (Tipo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil). O arroz foi polido até atingir 11% de remoção de farelo. O teor de farelo foi determinado com a seguinte equação: $DOM = \left[1 - \left(\text{peso dos grãos} \frac{\text{polidos}}{\text{peso}} \text{ dos grãos em casca} \right) \right] \times 100$. Onde DOM significa grau de polimento.

O comprimento dos grãos foi medido com paquímetro digital (Mitutoyo, Brasil), sendo considerados como inteiros aqueles que apresentaram comprimento acima de 4,5 mm, com base nas normas oficiais brasileiras para classificação de arroz (BRASIL, 2009a).

5.2.2.3. Percentual de grãos gessados e de grãos com centro branco (“barriga branca”)

A área opaca foi avaliada com o auxílio do analisador estatístico de grãos Modelo S21 (S21 Solutions), baseado na análise de imagens digitais de cada amostra.

5.2.2.4. Brancura, vitricidade e grau de polimento

O grau de brancura, vitricidade e de polimento foi determinado em branquímetro Zaccaria (modelo MBZ-1, Indústria de Máquinas Zaccaria S/A, São Paulo, Brasil), utilizando arroz polido para avaliação.

5.2.2.5. Tempo de cocção

O tempo de cocção foi determinado de acordo com o teste de Ranghino (MOHAPATRA e BAL, 2006). Aproximadamente 20 g de arroz polido foram colocadas em béquer (250 mL), juntamente com 250 mL de água destilada ($98^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) mantida em ebulição através do uso de chapa de aquecimento. A medição do tempo de cozimento foi iniciada quando as amostras foram lançadas na água. Após 10 min e a cada minuto a partir de então, dez grãos foram removidos e pressionados entre duas placas de vidro limpas e observados com luz polarizada. O tempo de cocção foi registrado quando pelo menos 90% dos grãos não tinham mais um núcleo opaco ou um centro não cozido.

5.2.2.6. Rendimento de cocção

O rendimento de cocção foi determinado após o cozimento dos grãos. A determinação do rendimento gravimétrico foi calculada pelo quociente entre peso final dos grãos cozidos e o peso inicial dos grãos crus, e o rendimento volumétrico foi calculado pelo quociente entre o volume final dos grãos cozidos e o volume inicial dos grãos crus. Os grãos foram cozidos em panelas de alumínio adaptadas, nas quais foi pesado e determinado o volume de 40 g de grãos e adicionados 88 mL de água, com temperatura de $98 \pm 1^{\circ}\text{C}$, deixando as amostras no processo de cozimento até completa secagem da água da panelinha. Após cozidas, as amostras foram deixadas em repouso durante 2 minutos, para determinação do peso e volume dos grãos após a cocção.

5.2.3. Análise estatística

Após a realização das avaliações, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, comparados pelo teste de Tukey e pelo teste t de Student a 5% de significância. O resumo da significância da análise de variância referente aos resultados do presente trabalho está apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Resumo da significância da análise de variância referente aos valores de PESO DE MIL GRÃOS (1); DESCASCAMENTO (2); BENEFICIAMENTO (3); INTEIROS (4); GRAU DE POLIMENTO (5); GESSADOS (6); BARRIGA BRANCA (7); TRANSLÚCIDOS (8); BRANCURA (9); VITRICIDADE (10); TEMPO DE COCÇÃO (11); RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO (12) e RENDIMENTO VOLUMÉTRICO (13) para os genótipos INOV CL e IRGA 424 RI. PELOTAS, 2021.

F.V.	G.L.	VARIÁVEIS RESPOSTA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
INOV CL														
SAFRA	1	*	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
DOSE N	1	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	*	*	ns	ns	ns
DENSIDADE	2	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
SAFRA X DOSE	1	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
SAFRA X DENSIDADE	2	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns
DOSE X DENSIDADE	2	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
SAF. X DOS. X DENS.	2	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
RESÍDUO	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		6,14	3,2	3,73	3,49	15,86	64,42	14,14	3,4	1,15	1,82	14,79	74,08	110,61
IRGA 424 RI														
SAFRA	1	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns
DOSE N	1	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns
DENSIDADE	2	ns	*	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
SAFRA X DOSE	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns
SAFRA X DENSIDADE	2	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns
DOSE X DENSIDADE	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
SAF. X DOS. X DENS.	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RESÍDUO	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		8,76	2,26	3,25	2,15	24,94	176,01	15,7	1,58	1,56	1,61	10,14	105,52	130,41

5.3. Resultados e discussão

5.3.1. Peso de mil grãos

O peso de mil grãos para os genótipos INOV CL e IRGA 424 RI está apresentado nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Para o genótipo INOV CL houve interação entre os três fatores estudados: safra, dose de nitrogênio e densidade de semeadura. Para o genótipo IRGA 424 RI houve apenas significância para os fatores safra e dose de nitrogênio, isolados.

Tabela 5 - Peso de mil grãos de arroz do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

DENSIDADE (kg/ha)	PMG - INOV CL (g)			
	SAFRA 1		SAFRA 2	
	130 kg N/ha	180 kg N/ha	130 kg N/ha	180 kg N/ha
50	28,96 a ¹ a ² A ³	25,91 b b B	28,75 a a A	29,03 a a A
75	28,26 a a A	26,77 b b B	28,85 a a A	29,05 a a A
100	28,22 a b A	26,75 b b A	29,18 a a A	28,75 a a A
CV (%)	6,14			

¹Desdobramento dos efeitos entre a SAFRA 1 e SAFRA 2; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada DOSE e DENSIDADE avaliada. ²Desdobramentos dos efeitos entre as doses de 130kg de N e 180 kg de N; médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DENSIDADE avaliada. ³Desdobramento dos efeitos das DENSIDADES de semeadura (50kg – 75kg – 100kg); médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DOSE (130 kg de N/ha e 180 kg de N/ha).

Tabela 6 - Peso de mil grãos de arroz do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

ANO	PMG - IRGA 424 RI (g)	
	SAFRA 1	SAFRA 2
	24,74 B	26,31 A
DOSE N (kg/ha)	130	25,77 A
	180	25,28 B
CV (%)	1,56	

*médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as SAFRAS e DOSES utilizadas.

O período de enchimento dos grãos coincidiu entre os meses de janeiro e fevereiro, sendo que as temperaturas máxima e mínima observadas durante o mês de janeiro para a Safra 1 foram de 29,3 e 20,7°C e 29,7 e 19,1°C Safra 2 respectivamente, enquanto que para o mês de fevereiro as temperaturas máxima e

mínima variaram de 28,5 e 18,9°C Safra 1 e 29 e 18,6°C Safra 2. O volume das chuvas foi maior durante o período de enchimento dos grãos para a Safra 1, sendo observado um volume de cerca de 454 e 103,8 mm para as Safras 1 e 2 respectivamente e a radiação solar foi maior para a segunda safra (Figura 7).

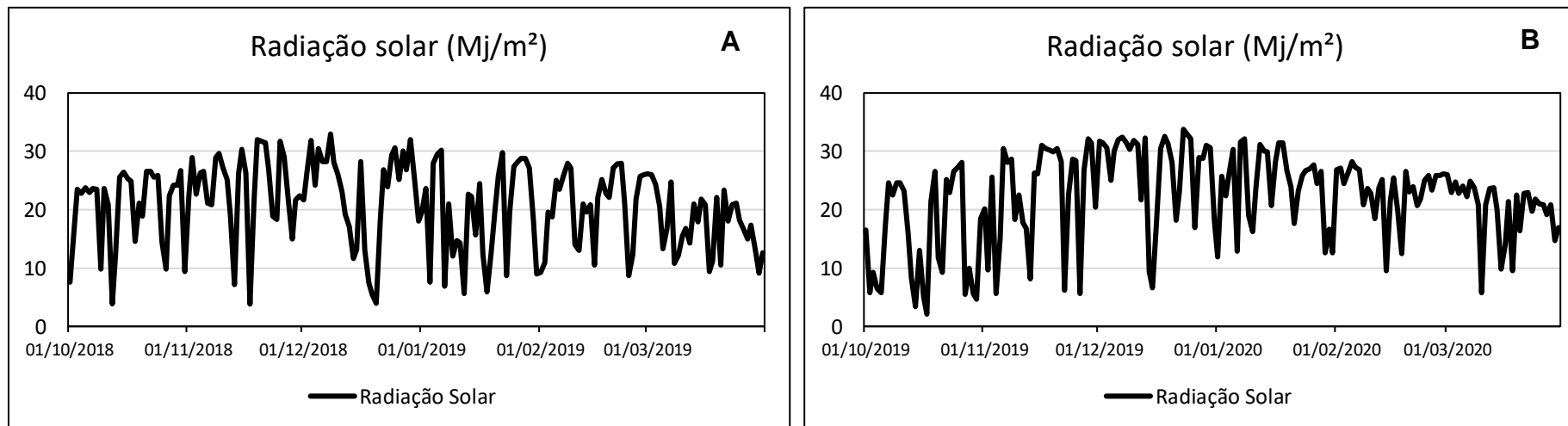


Figura 8 – Radiação solar (Mj/m²) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz irrigado para as safras 2018/19 (A) e 2019/20 (B).
Fonte: EMBRAPA, 2021.

A maior incidência de radiação solar proporciona maior capacidade fotossintética das plantas e melhor translocação de fotoassimilados que contribuem para o bom desenvolvimento dos grãos. A baixa luminosidade durante o período de desenvolvimento das plantas de arroz faz com que as plantas prolonguem seu crescimento, aumentem altura e área foliar (REN et al, 2002; LIU et al, 2009). Após a diferenciação da panícula, a baixa luminosidade compromete a taxa fotossintética líquida e resulta em menor acúmulo de matéria seca e assim reduz o percentual de enchimento dos grãos e o peso de mil (SATO, 1956; KATO, 1986; DENG et al, 2009;

LIU et al, 2009), proporcionando dessa forma um menor rendimento de grãos. Para o genótipo INOV CL (Tabela 5), o peso de mil grãos foi maior para a segunda safra quando utilizada a maior dose de nitrogênio, para todas as densidades de semeadura. Na primeira safra foi observada variação quanto ao peso de mil grãos entre as doses e densidades utilizadas, onde obtiveram-se valores menores quando aplicada a maior dose de nitrogênio (180 kg N/ha) nas densidades de semeadura de 50 e 75 kg/ha, este resultado mostra que o incremento em adubação nitrogenada compensou a baixa luminosidade e proporcionou melhor aporte de nutrientes garantindo assim melhor desempenho quanto ao enchimento de grãos. Em relação à densidade de semeadura, híbridos como o INOV CL requerem baixas densidades, entre 40 e 50 kg de sementes por hectare. O aumento da densidade não propiciou aumento no peso de mil grãos para o genótipo INOV CL.

O genótipo IRGA 424 RI (Tabela 6) apresentou maior peso de mil grãos quando para grãos oriundos da Safra 2019-2020 (Safra 2) e produzidos com a menor dose de nitrogênio em cobertura estudada, de 130 kg N/ha. Pode-se inferir que o genótipo INOV CL apresentou maior sensibilidade aos manejos estudados para a variável peso de mil grãos, quando comparado ao genótipo IRGA 424 RI.

Estudo conduzido por Marzari et al. (2007), em que os pesquisadores estudaram interações entre a densidade de semeadura e o nível de adubação nitrogenada para a cultivar IRGA 417, foi observado que o peso de mil grãos se manteve estável entre as combinações de manejos aplicados. Esses autores observaram, ainda, que a máxima produtividade foi obtida com a dose de 97 kg N/ha de nitrogênio, diminuindo após esta dose.

Nesta Tese a produtividade não foi avaliada nas duas Safras e por isso os dados não foram apresentados. É importante ressaltar que a resposta à produtividade pode ser diferente ao que se verifica para o peso de mil grãos, pois a produtividade é dependente de (1) número de panículas por área, (2) número de grãos por panícula e (3) peso de grãos. Portanto, o peso de mil grãos é apenas um dos componentes, não sendo possível traçar correlação com a produtividade neste trabalho.

5.3.2. Renda de descascamento, renda de beneficiamento e rendimento de grãos inteiros

A renda de descascamento do genótipo INOV CL variou de 74,3 a 78,14% não apresentando interação entre os fatores e significância estatística, para o genótipo IRGA 424 RI os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Renda de descascamento do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

		RENDA DE DESCASCAMENTO (%)				
SAFRA 1	SAFRA 2	DOSE (kg N/ha)		DENSIDADE DE SEMEADURA (kg/ha)		
		130	180	50	75	100
76,43 b	77,06 a	77,01 a	76,48 b	76,51 b	76,51 b	77,22 a
CV (%)		2,26				

médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o genótipo IRGA 424 RI (Tabela 7) observou-se maior renda de descascamento na Safra 2019-2020 (Safra 2), para a menor dose de nitrogênio estudada (130 kg N/ha) e na densidade de semeadura de 100 kg de sementes por hectare.

Pode-se inferir que a renda de descascamento está relacionada a fatores genéticos, ambientais e aos tratos culturais. É importante observar que as condições climáticas foram bastante diferentes entre as Safras 1 e 2, conforme apresentado nas Figuras 6 e 8.

De acordo com os dados meteorológicos da Estação Meteorológica da Embrapa Terras Baixas, na Safra 2018-2019 foi registrada precipitação total de 649 mm, enquanto que na Safra 2019-2020 a precipitação total registrada foi de 531,4 mm. Na Safra 2018-2019 o maior volume de chuvas ocorreu no mês de janeiro (cerca de 304 mm) enquanto na Safra 2019-2020 o maior volume foi registrado no mês de outubro (277 mm). Em anos de maior luminosidade, temperaturas mais favoráveis ao cultivo durante a fase crítica e com menor precipitação, espera-se maior acúmulo de massa na cariopse e, logo, menor percentual de casca. Isso se reflete em maior renda de descascamento. O peso de mil grãos (Tabela 6), inclusive, foi maior na Safra 2 para o IRGA 424 RI, estando relacionado à maior renda de descascamento.

A densidade de semeadura de 100 kg/ha para o genótipo IRGA 424 RI possibilitou maior renda de descascamento. Essa informação é importante para o setor industrial, pois, via de regra, maiores rendas de descascamento implicam em maiores rendas de beneficiamento. Dessa forma o aproveitamento do lote será maior.

Os resultados para a renda de beneficiamento do genótipo INOV CL variaram de 64,26 a 68,32% não diferindo estatisticamente entre si e os resultados para o genótipo IRGA 424 RI estão apresentados nas Tabela 8.

Tabela 8 - Renda de beneficiamento do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

DENSIDADE (kg/ha)	RENDA DE BENEFICIAMENTO (%)
50	68,47 AB
75	68,39 B
100	69,31 A
CV (%)	3,25

*médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o genótipo IRGA 424 RI observa-se que a maior renda de beneficiamento ocorreu quando a maior densidade de semeadura foi utilizada (Tabela 8). Os resultados para o rendimento de grãos inteiros dos genótipos INOV CL e IRGA 424 RI estão apresentados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9 – Rendimento de grãos inteiros do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

RENDIMENTO DE INTEIROS (%)			
		SAFRA 1	SAFRA 2
DOSE N (kg/ha)	130	56,56 a A	55,12 a B
	180	57,39 b A	60,17 a A
DENSIDADE (kg/ha)	50	56,70 a A	55,18 a B
	75	56,60 b A	60,12 a A
	100	57,64 a A	57,63 a AB
CV (%)		3,49	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

Tabela 10 – Rendimento de grãos inteiros do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e safra.

RENDIMENTO DE INTEIROS (%)		
DENSIDADE (kg/ha)	SAFRA 1	SAFRA 2
50	64,59 b A	66,06 a AB
75	65,56 a A	64,95 a B
100	65,60 b A	67,42 a A
CV (%)	2,15	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O rendimento de grãos inteiros para o genótipo INOV CL (Tabela 9) variou em função da dose de nitrogênio, da densidade de semeadura e safra. Para o genótipo INOV CL, o maior rendimento de grãos inteiros foi observado na maior dose de nitrogênio estudada (180 kg N/ha) na Safra 2019-2020 (Safra 2). Em relação às densidades de semeadura testadas, na Safra 1 o genótipo INOV CL apresentou maior rendimento de inteiros na densidade de 75 kg/ha, enquanto na Safra 2 as densidades de 75 e 100 kg/ha não propiciaram os maiores rendimentos, não diferindo entre si.

Em estudo realizado por Zhu et al. (2017), foi avaliada a qualidade de grãos de duas cultivares japônicas manejadas com diferentes níveis de nitrogênio (0, 150, 187,5, 225, 262,5, 300, e 337,5 kg N/ha). Os autores observaram um aumento da produtividade até o nível de adubação de 300 kg N/ha e após uma diminuição da renda, o que pode estar relacionado com o excesso de N e a emissão de afilhos ineficazes e observaram ainda um rendimento crescente para o percentual de grãos inteiros com incremento de adubação nitrogenada nas duas safras estudadas.

De forma geral, o genótipo IRGA 424 RI (Tabela 10) apresentou melhor rendimento de grãos inteiros para os grãos produzidos na Safra 2019-2020 (Safra 2) e quando empregada a densidade de 100 kg/ha. Entre os fatores que podem contribuir para incremento no rendimento de grãos inteiros pode-se citar a fertilidade do solo, a adubação, as épocas de entrada e supressão da água de irrigação, a umidade de colheita e os fatores genéticos das cultivares (GHOSH et al., 2004; TSAI et al., 2001). Estudos conduzidos por Siebenmorgen et al. (2013) apontam que variações bruscas de temperatura do ar, principalmente à noite, afetam o enchimento de grãos e, por consequência, o desempenho industrial no beneficiamento.

As temperaturas mais baixas durante a formação dos grãos de pólen podem contribuir para a esterilidade das espiguetas que compõem a panícula do arroz

(FARRELL et al., 2006) e temperaturas acima de 35°C por mais de uma hora durante a antese podem diminuir a fertilidade das espiguetas em arroz (JAGADISH et al., 2007).

Estudo conduzido por Gunawardena et al. (2003), em que os autores avaliaram 12 horas diárias ao dia de temperaturas entre 21,4 °C e 21 °C (dia/noite), comparado a temperaturas 18°C e 13°C (dia/noite) em alturas de lâminas de água diferentes, durante uma semana no desenvolvimento de grão de pólen do arroz, foi observado que as temperaturas mais baixas ocasionam maior percentual de esterilidade das espiguetas.

Lyman et al. (2013) avaliaram seis cultivares de arroz durante o cultivo e observaram que o estresse causado por altas temperaturas durante o estágio de enchimento dos grãos diminui o rendimento de grãos por hectare, o rendimento de grãos inteiros e a qualidade no processo de beneficiamento.

Ainda em relação aos fatores ambientais que podem interferir no processo de enchimento dos grãos, as precipitações têm influência sobre a cultura. Estudo realizado por Siebernmorgen et al. (2013) mostrou que o excesso de precipitação durante a fase de enchimento e maturação de grãos de arroz pode contribuir para a redução de grãos inteiros. Segundo dados meteorológicos da estação da EMBRAPA, durante a fase de enchimento e maturação na Safra 2018/19 (Safra 1) a precipitação foi de aproximadamente 454 mm, enquanto na Safra 2019-2020 (Safra 2) foi de 103,8 mm para o mesmo período (Figura 6).

O grau de polimento obtido para os tratamentos dos genótipos INOV CL e IRGA 424 RI foi estabelecido de acordo com o padrão utilizado na indústria, ou seja, durante 1 min os grãos foram polidos. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

O grau de polimento é determinado relacionando-se a brancura dos grãos e a sua transparência, quanto maior o grau de brancura maior será seu grau de polimento. A leitura dos valores para o grau de polimento pode variar de 0 a 200 pontos, ela expressa o percentual de remoção do germe, camadas externas e internas dos grãos, sendo que para a indústria, o grau de polimento ideal fica entre 95 a 100 pontos, proporcionando grãos bem polidos e translúcidos de acordo com o mercado consumidor brasileiro (OLIVEIRA et al., 2009).

Santos et al. (2012) avaliaram o grau de polimento do genótipo de arroz PUITÁ INTA CL e observaram que grãos gessados apresentaram um grau de polimento 30% maior do que grãos translúcidos. Com o incremento de nitrogênio e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura do arroz, há uma tendência de diminuição de centro opaco dos grãos e assim proporcionar um menor grau de polimento devido ao menor percentual de grãos gessados e barriga branca.

Tabela 11 – Grau de polimento de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

DENSIDADE (kg/ha)	GRAU DE POLIMENTO - INOV CL (%)			
	SAFRA 1		SAFRA 2	
	130 kg N/ha	180 kg N/ha	130 kg N/ha	180 kg N/ha
50	11,21 a ¹ a ² B ³	11,15 a a A	10,07 b b A	11,26 a a A
75	11,09 a a B	10,77 a a A	10,07 b a A	9,82 b a B
100	12,99 a a A	10,61 a b A	10,96 b a A	11,06 a a A
CV (%)	15,86			

¹Desdobramento dos efeitos entre as SAFRA 1 e SAFRA 2; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada DOSE e DENSIDADE avaliada. ²Desdobramentos dos efeitos entre as doses de 130kg de N e 180 kg de N; médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DENSIDADE avaliada. ³Desdobramento dos efeitos das DENSIDADES de semeadura (50kg – 75kg – 100kg); médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DOSE (130 kg N/ha e 180 kg N/ha).

Tabela 12 – Grau de polimento de grãos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e safra.

DENSIDADE (kg/ha)	GRAU DE POLIMENTO (%)	
	SAFRA 1	SAFRA 2
50	7,81 a A	8,26 a AB
75	7,52 b A	8,71 a A
100	7,99 a A	7,82 a B
CV (%)	24,94	

^{*}médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o genótipo INOV CL observou-se variação entre as safras, densidades, interação safra e doses de nitrogênio, interação doses de nitrogênio e densidades de semeadura e interação tripla entre safras, doses e densidades.

Para todas as densidades de semeadura do genótipo INOV CL (Tabela 11), quando avaliadas na menor dose de nitrogênio (130 kg N/ha), foram observados menores graus de polimento para a Safra 2. Já para a maior dose de nitrogênio (180

kg N/ha), houve diferença estatística apenas para a densidade de 75 kg/ha na Safra 2, tendo apresentado um valor menor para grau de polimento quando comparado com a Safra 1.

Na Safra 1 foi observada diferença para o grau de polimento do genótipo INOV CL (Tabela 11) quando a maior densidade de semeadura (100 kg/ha) foi utilizada. Com o incremento de adubação, apenas na maior densidade estudada (100 kg/ha) que foi verificada alteração no grau de polimento, diminuindo de 12,99% para 10,61%. Na Safra 2, que foi mais favorável para o desenvolvimento da cultura, na densidade de 50 kg/ha houve aumento no grau de polimento para a maior dose de nitrogênio, passando de 10,07% para 11,26% (Tabela 11).

Para o genótipo IRGA 424 RI apenas densidade de semeadura e safra impactaram no grau de polimento (Tabela 12). Quando empregada a densidade de semeadura de 75 kg/ha, observou-se maior grau de polimento na Safra 2. Com 100 kg/ha, que é uma densidade bastante comum para o genótipo convencional IRGA 424 RI, não houve diferença no grau de polimento entre as amostras das Safras 1 e 2.

5. 3. 3. Percentual de grãos gessados, “barriga branca” e translúcidos

Os resultados para o percentual de grãos gessados para os genótipos INOV CL e IRGA 424 RI estão apresentados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Para o genótipo INOV CL houve interação entre as safras, as doses de nitrogênio, e entre safras combinadas com densidades de semeadura. O percentual de grãos gessados foi menor na Safra 2, para todas as densidades de semeadura estudadas. Ao se avaliarem as densidades de semeadura, verifica-se que o aumento para 75 ou 100 kg/ha não propiciou benefícios significativos para a redução do teor de gessados para o híbrido INOV CL, cuja recomendação oficial é de 40 a 50 kg de sementes por hectare. Entre as doses de nitrogênio, a maior dose proporcionou menor percentual de grãos gessados em ambas as safras, independente de densidade de semeadura utilizada.

Tabela 13 – Percentual de grãos gessados do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

		GRÃOS GESSADOS (%)		
		SAFRA 1	SAFRA 2	CV (%)
DENSIDADE kg/ha	50	4,61 a AB	2,54 b A	64,42
	75	5,12 a A	1,95 b A	
	100	4,33 a B	2,28 b A	
DOSE N Kg/ha	130	3,98 A		
	180	2,97 B		

médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DENSIDADES e DOSES utilizadas.

Zhu et al. (2017) investigaram os níveis de adubação nitrogenada em cultivar japônica para incrementar a produtividade de grãos e a qualidade nutricional, observando que o nível ideal para aquelas condições era de 225 a 300 kg de nitrogênio por hectare. Com plantas saudáveis e bem nutridas, a interceptação de radiação solar é maior e, conseqüentemente, o aporte de nutrientes para o enchimento de grãos será maior, o que proporciona melhor acúmulo de assimilados e grãos mais íntegros.

A síntese incompleta de amido no momento do enchimento dos grãos caracteriza grãos com endosperma opaco, o que caracteriza grãos gessados (100% de área opaca) e grãos “barriga branca” (50-99% de opacidade) (PENG et al., 2018). Há uma tendência de que quanto maior o percentual de área opaca, maior será a quebra dos grãos no momento do beneficiamento e menor será o seu rendimento de inteiros, o que interfere diretamente na qualidade industrial (GUO et al., 2011). Fatores genéticos, variações climáticas (como as altas temperaturas no momento do enchimento dos grãos), disponibilidade de água e manejos culturais influenciam na formação de grãos com endosperma opaco (CHENG et al., 2019).

Durante a Safra 1 as condições climáticas foram menos favoráveis ao desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, a baixa luminosidade e o grande volume de chuvas interferiu no processo de enchimento dos grãos e com isso observou-se um maior percentual de grãos opacos.

O genótipo IRGA 424 RI diferiu entre as safras quanto ao percentual de grãos gessados, sendo observado um menor valor na Safra 2019-2020 (Safra 2) independente de dose de nitrogênio e densidade de semeadura (Tabela 14).

Tabela 14 – Percentual de grãos gessados do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

GRÃOS GESSADOS (%)	
SAFRA 1	1,69 A
SAFRA2	1,09 B
CV (%)	176,01

*médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as SAFRAS estudadas.

Outro fator que interfere na qualidade industrial dos grãos é a uniformidade de maturação das panículas (JULIANO, 2003; FITZGERALD et al., 2009). Quanto mais afilhos a planta emitir, maior será sua desuniformidade de maturação devido ao enchimento dos grãos ser prolongado e no momento da colheita as espiguetas ainda estarem imaturas, o que favorece aumento de área opaca (gesso e barriga branca). Os resultados para barriga branca estão apresentados nas (Tabelas 15 e 16).

Para o genótipo INOV CL (Tabela 15) foi observado efeito de safras, da dose de nitrogênio e densidade de semeadura. Em todas as densidades de semeadura houve redução no percentual de grãos “barriga branca” em ambas as doses de nitrogênio para a Safra 2, sendo que na densidade de semeadura recomendada de 50 kg/ha para cultivo do genótipo INOV CL, por exemplo, observou-se variação de 33,27% para 9,8% na menor dose de N e de 21,74% para 6,22% quando combinada com a maior dose.

A dose de nitrogênio de 180 kg N/ha reduziu o percentual de grãos “barriga branca” em todas as densidades de semeadura utilizadas para a Safra 1. Entre as densidades de semeadura, na Safra 1, de clima mais adverso à cultura, com a menor dose de nitrogênio (130 kg N/ha), obteve-se o menor percentual de grãos “barriga branca”. Com base nesses resultados evidencia-se que o incremento em adubação nitrogenada em anos com clima mais adverso proporciona melhor enchimento dos grãos e menor percentual de grãos com centro opaco, reduzindo praticamente pela metade os percentuais de grãos barriga branca com incremento de adubação nitrogenada.

Tabela 15 – Percentual de grãos “barriga branca” do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

GRÃOS “BARRIGA BRANCA” (%)				
DENSIDADE (kg/ha)	SAFRA 1		SAFRA 2	
	130 kg N	180 kg N	130 kg N	180 kg N
50	33,27 a ¹ a ² B ³	21,74 a b A	9,8 b a A	6,22 b a A
75	41,82 a a A	22,75 a b A	9,41 b a A	6,39 b a A
100	41,47 a a A	19,11 a b A	6,37 b a A	6,28 b a A
CV (%)	14,14			

¹Desdobramento dos efeitos entre as SAFRA 1 e SAFRA 2; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada DOSE e DENSIDADE avaliada. ²Desdobramentos dos efeitos entre as doses de 130kg de N e 180 kg de N; médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DENSIDADE avaliada. ³Desdobramento dos efeitos das DENSIDADES de semeadura (50kg – 75kg – 100kg); médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DOSE (130 kg de N/ha e 180 kg de N/ha).

Para o genótipo IRGA 424 RI (Tabela 16) foi observada significância entre safras, doses, densidades, interação safra-dose e interação safra-densidade. Foi observada redução do percentual de grãos “barriga branca” na Safra 2 para ambas as doses de nitrogênio aplicadas, sendo que a variação para a dose de 130 kg N/ha de nitrogênio foi de 19,82% para 4,42% e quando aplicada a dose de nitrogênio de 180 kg N/ha a diferença foi de 7,81% para 3,98% quando comparadas primeira e segunda safra respectivamente. Entre as doses de nitrogênio houve variação entre as da primeira safra, onde observou-se redução do percentual de grãos “barriga branca” com o aumento da dose. Na Safra 1, com clima mais adverso ao bom desenvolvimento da cultura, as diferenças foram mais discrepantes entre as doses de 130 e 180 kg N/ha.

Em relação a densidade de semeadura, o percentual de grãos “barriga branca” diminuiu na Safra 2 para todas as densidades de semeadura e variou entre as densidades em ambas as safras. Os maiores percentuais de grãos “barriga branca” foram observados na maior densidade de semeadura para as duas Safras, sendo que na Safra 2 não houve diferença significativa entre as densidades de 50 e 100 kg/ha.

Tabela 16 – Percentual de grãos “barriga branca” do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

GRÃOS “BARRIGA BRANCA” (%)			
		SAFRA 1	SAFRA 2
DOSE N (kg/ha)	130	19,82 a A	4,42 b A
	180	7,81 a B	3,98 b A
DENSIDADE (kg/ha)	50	12,59 a B	5,07 b A
	75	13,45 a B	3,54 b B
	100	15,42 a A	3,99 b AB
CV (%)		15,7	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

De acordo com Yoshioka et al. (2007), a opacidade dos grãos está diretamente associada às elevadas temperaturas na fase de enchimento dos grãos. As enzimas responsáveis pelo processo de enchimento dos grãos têm sua atividade reduzida devido ao estresse causado pelas altas temperaturas, reduzindo, assim, o peso dos grãos e o rendimento e transformação dos fotoassimilados em grânulos de amido compostos, característicos de arroz (LI et al., 2011; DONG et al., 2011). Para a indústria arroseira o centro opaco ainda é fator determinante na qualidade dos grãos e nos preços pagos aos produtores (ZHOU et al., 2009).

O percentual de grãos gessados e “barriga branca” interfere na translucidez dos grãos. Quanto mais opacos os grãos se apresentam, menor a sua translucidez. Os resultados para grãos translúcidos então apresentados nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Percentual de grãos translúcidos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

TRANSLUCIDEZ (%)				
DENSIDADE (kg/ha)	SAFRA 1		SAFRA 2	
	130 kg N/ha	180 kg N/ha	130 kg N/ha	180 kg N/ha
50	61,71 b ¹ b ² A ³	74,10 b a A	86,95 a a A	91,95 a a A
75	52,57 b b B	72,64 b a A	88,17 a a A	92,15 a a A
100	53,64 b b B	77,12 b a A	91,01 a a A	91,79 a a A
CV (%)		3,4		

¹Desdobramento dos efeitos entre as SAFRA 1 e SAFRA 2; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada DOSE e DENSIDADE avaliada. ²Desdobramentos dos efeitos entre as doses de 130kg de N e 180 kg de N; médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DENSIDADE avaliada. ³Desdobramento dos efeitos das DENSIDADES de semeadura (50kg – 75kg – 100kg); médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, comparando-se separadamente dentro de cada SAFRA (1 ou 2) e DOSE (130 kg de N/ha e 180 kg de N/ha).

Tabela 18 – Percentual de grãos translúcidos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

		TRANSLUCIDEZ (%)	
		SAFRA 1	SAFRA 2
DOSE N (kg/ha)	130	78,63 b B	94,52 a A
	180	90,37 b A	94,90 a A
DENSIDADE (kg/ha)	50	85,69 b A	93,75 a A
	75	84,96 b A	95,36 a A
	100	82,85 b B	95,02 a A
CV (%)		1,58	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

Os resultados obtidos para o genótipo INOV CL apresentaram significância entre os fatores safra, dose, safra-dose e entre safra-dose-densidades (Tabela 17). Houve aumento nos valores para a Safra 2 em ambas as doses de nitrogênio utilizadas e para todas as densidades de semeadura utilizadas, comparados aos valores para a Safra 1.

Entre as doses de nitrogênio, quando aplicada a maior dose na Safra 1, independente da densidade utilizada, os valores para translucidez foram maiores (Tabela 17). Esses resultados estão relacionados com a diminuição de grãos gessados e “barriga branca” que tiveram seu percentual reduzido com o incremento da adubação nitrogenada (Tabelas 13 e 15). Na Safra 2 não se observou diferença entre os valores de translucidez entre as doses de nitrogênio, o que está relacionado com as condições climáticas mais favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura.

A translucidez para o genótipo IRGA 424 RI variou entre as safras, doses, interação safra-dose e interação safra-densidade. Os maiores valores foram observados na Safra 2, tanto para dose de nitrogênio quanto para densidade de semeadura utilizadas (Tabela 18). De acordo com Lisle et al. (2000), os grânulos de amido de arroz em áreas translúcidas são maiores e mais compactados do que os que se encontram nas áreas gessadas dos grãos, que são menores e mais propensos a quebra durante o processo de beneficiamento.

Entre as doses de nitrogênio, na Safra 1 houve aumento do percentual de grãos translúcidos quando a dose de nitrogênio foi de 180 kg N/ha. Este resultado está relacionado com o menor percentual de grãos gessados e “barriga branca” (Tabelas 14 e 16).

5.3.4. Grau de brancura e vitricidade

Os resultados para o grau de brancura e a vitricidade dos grãos estão apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22.

Tabela 19 – Grau de brancura de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

BRANCURA (GBZ)			
		SAFRA 1	SAFRA 2
DOSE N (kg/ha)	130	155,79 a A	148,74 b A
	180	151,93 a B	147,44 b B
DENSIDADE (kg/ha)	50	153,71 a AB	148,25 b A
	75	154,6 a A	147,56 b A
	100	153,28 a B	148,46 b A
CV (%)		1,15	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

O grau de brancura para o genótipo híbrido INOV CL variou entre as safras, doses, quando combinadas safra com densidades ou doses (Tabela 19), e entre doses combinadas com densidades de semeadura (Tabela 20). Quando comparados os resultados entre safras e densidades de semeadura, houve uma redução no grau de brancura na Safra 2 para as três densidades de semeadura estudadas (Tabela 19).

O grau de brancura foi menor na Safra 2 em relação à Safra 1 para ambas as doses de nitrogênio estudadas, com incremento de nitrogênio de 130 para 180 kg N/ha em ambas as safras obteve-se menor valor no percentual de grãos brancos. Esse resultado pode ser explicado devido a diminuição do percentual de grãos gessados e de grãos “barriga branca” na safra 2 e pela redução do teor de grãos “barriga branca” na dose de nitrogênio de 180 kg N/ha, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 20 – Grau de brancura de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

BRANCURA (GBZ)		
DENSIDADE (kg/ha)	130 kg N	180 kg N
50	152,66 a A	149,30 b A
75	152,46 a AB	149,70 b A
100	151,68 a B	150,05 b A
CV (%)	1,15	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 21 – Grau de vitricidade de grãos do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

VITRICIDADE	
130 Kg N/ha	121,85 b
180 Kg N/ha	123,46 a
CV (%)	1,82

VITRICIDADE		
DENSIDADE (kg/ha)	SAFRA 1	SAFRA 2
50	120,25 b AB	125,11 a A
75	119,09 b B	125,88 a A
100	121,14 b A	124,46 a A
CV (%)	1,82	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

A vitricidade dos grãos para o genótipo INOV CL apresentou significância entre os fatores safra, dose de nitrogênio e quando combinadas densidades e doses. Houve aumento para os valores de vitricidade dos grãos do genótipo INOV CL quando incrementou-se a adubação nitrogenada (Tabela 21). Na Safra 2019-2020 (Safra 2) os valores de vitricidade foram maiores aos dos grãos provenientes da Safra 2018-2019 (Safra 1), corroborando com os resultados de grãos gessados, “barriga branca” e grau de brancura já reportados. Grãos menos opacos apresentam um grau de brancura reduzido e maior vitricidade.

Tabela 22 – Grau de brancura e vitricidade de grãos do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

	BRANCURA (GBZ)	VITRICIDADE
SAFRA 1	144,48 a	123,08 b
SAFRA2	142,05 b	125,99 a
CV (%)	1,56	1,61

*Medias seguidas de *mesma letra minúscula na mesma coluna* não diferem estatisticamente entre si entre as safras pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim como verificado para o genótipo INOV CL, o grau de brancura das amostras do genótipo IRGA 424 RI (Tabela 22) foi menor para a Safra 2, tendo seu percentual de vitricidade aumentado para a mesma safra. Esses resultados estão de acordo com os valores para os percentuais de grãos gessados e grãos “barriga branca” (Tabelas 14 e 16) e a explicação de que grãos com menor área opaca apresentam, por sua vez, menor grau de brancura.

A vitricidade e coloração dos grãos está diretamente relacionada ao acúmulo de fotoassimilados durante o período de desenvolvimento da cultura, fatores genéticos e ambientais (SHI et al., 2002). Esta questão genética pode ser observada quando comparados cultivares diferentes na mesma safra agrícola. Neste estudo o cultivar INOV CL apresentou maior percentual de grãos gessados e barriga branca, o que caracterizou grãos mais brancos e menos vítreos quando comparados aos grãos do cultivar IRGA 424 RI em ambas as safras.

A baixa luminosidade durante o período de maturação dos grãos contribui para o maior percentual de grãos gessados, isso pode estar relacionado ao fornecimento insuficiente de assimilados e da atividade reduzida de uma enzima responsável pela ramificação do amido solúvel envolvida na síntese do amido em grãos (TASHIRO e EBATA, 1975; MIIZUNO et al, 1992; LI, et al, 1997; REN et al, 2003b), durante a Safra 1 o percentual de grãos com centro opaco foi maior em comparação com a Safra 2 e com isso o teor de brancura dos grãos foi maior na Safra 1.

5.3.5. Tempo de cocção

O tempo de cocção para o genótipo INOV CL está apresentado na Tabela 23. Observou-se significância quanto à safra, densidade de semeadura e quando combinadas safras e densidades.

Tabela 23 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

TEMPO DE COCÇÃO (MIN)		
DENSIDADE (kg/ha)	SAFRA 1	SAFRA 2
50	15,84 a A	14,23 b A
75	15,25 a B	14,52 b A
100	16,24 a A	14,61 b A
CV (%)	14,79%	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O tempo de cocção do genótipo INOV CL diminuiu na Safra 2 para todas as densidades de semeadura estudadas. Ao se compararem as densidades, verifica-se variação para a Safra 1, em que o tempo de cocção foi menor na densidade de 75 kg/ha, comparada às densidades de 50 e 100 kg/ha.

Pesquisadores relataram que a qualidade do arroz cozido pode estar associada ao teor total de proteína (XIE et al., 2008). Supõe-se que quanto maior o teor, mais consistentes serão os grãos após o cozimento (LYON et al., 1999).

A maior concentração de proteínas pode inibir o intumescimento dos grânulos de amido no momento do cozimento e manter a sua estrutura preservada, o que demandaria temperaturas mais elevadas e maior tempo de cocção. Isso, por consequência, caracteriza baixo desempenho quando se abordam características do cozimento (ZHU et al., 2017), visto que os consumidores dão preferência para alimentos de fácil e rápido preparo.

O tempo de cocção para o genótipo IRGA 424 RI apresentou significância entre os fatores safra, dose e densidade de semeadura, bem como entre as combinações safra-dose, safra-densidade (Tabela 24) e dose-densidade (Tabela 25).

Tabela 24 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

TEMPO DE COCÇÃO (MIN)			
		SAFRA 1	SAFRA 2
DOSE N (kg/ha)	130	13,78 a B	13,64 a A
	180	14,66 a A	13,73 b A
DENSIDADE (kg/ha)	50	13,77 a B	13,64 a A
	75	14,33 a A	13,72 b A
	100	14,56 a A	13,70 b A
CV (%)		10,14	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

Tabela 25 – Tempo de cocção do arroz polido do genótipo IRGA 424 RI em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

TEMPO DE COCÇÃO (MIN)		
DENSIDADE (kg/ha)	130 kg N	180 kg N
50	13,42 b B	13,98 a B
75	14,05 a A	14,00 a B
100	13,66 b AB	14,61 a A
CV (%)	10,14	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Quando foram comparadas as safras, o tempo de cocção dos grãos da Safra 2019-2020 (Safra 2) foi inferior ao dos grãos da Safra 2018-2019 (Safra 1) quando a maior dose de nitrogênio estudada (180 kg N/ha) foi utilizada. Na dose menor (130 kg N/ha) não houve diferença significativa entre as safras.

Em relação à densidade de semeadura, na Safra 2 também ocorreu um menor tempo de cozimento nas densidades de semeadura de 75 e 100 kg/ha comparadas à densidade de 50 kg/ha. Entre as doses e as densidades houve diferença estatística na Safra 2018-2019 (Safra 1), onde observou-se um tempo de cocção maior com o incremento de adubação e nas densidades de 75 e 100 kg/ha.

Entre as doses de nitrogênio aplicadas (Tabela 25), o incremento do nutriente proporcionou um aumento no tempo de cocção para as densidades de semeadura de 50 e 100 kg/ha e variação dentro das densidades de semeadura para ambas as doses de nitrogênio, sendo observado maior tempo de cocção para as densidades de 75 e 100 kg/ha na menor adubação (130 kg N/ha) e maior tempo para densidade de semeadura de 100 kg/ha para a maior dose de nitrogênio utilizada (180 kg N/ha).

5.3.6. Rendimento de cocção

Os resultados para os rendimentos gravimétrico e volumétrico de cocção do genótipo INOV CL estão apresentados nas Tabelas 26 e 27, respectivamente.

Tabela 26 – Rendimento gravimétrico do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO (%)	
ANO	
SAFRA 1	243 A
SAFRA 2	225 B
DENSIDADE (kg/ha)	
50	232 AB
75	226 B
100	243 A
CV (%)	74,08

*médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 27 – Rendimento volumétrico do arroz polido do genótipo INOV CL em função da combinação de densidade de semeadura e dose de nitrogênio.

RENDIMENTO VOLUMÉTRICO (%)		
DOSE	SAFRA 1	SAFRA 2
130 kg N/ha	211 b B	228 a A
180 kg N/ha	228 a A	218 a A
DENSIDADE	130 kg N	180 kg N
50	231 a A	208 b A
75	210 b A	230 a A
100	219 a A	231 a A
CV (%)	110,61	

*médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, separadamente para as DOSES e DENSIDADES utilizadas.

O genótipo INOV CL (Tabelas 26 e 27) apresentou significância quanto aos rendimentos gravimétrico e volumétrico para os fatores safra e densidade, sendo observado menor valor para rendimento gravimétrico na Safra 2 e nas densidades de 50 e 75 kg/ha. Este resultado está associado ao tempo de cocção (Tabela 23), onde o genótipo INOV CL apresentou maior tempo para cocção na Safra 1 do que na Safra 2.

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico estão associados a capacidade dos grãos absorverem água durante o processo de cozimento e manterem a água retida na matriz. Grãos com uma capacidade maior de absorção de água apresentam uma

tendência a terem um volume final maior quando comparados com grãos com capacidade menor de absorção de água durante o processo de cozimento.

O rendimento volumétrico (Tabela 27) apresentou interação entre safra e dose de nitrogênio aplicadas e entre dose de nitrogênio e densidades de semeadura. A Safra 2 apresentou um melhor desempenho quanto ao rendimento volumétrico dos grãos quando a dose de nitrogênio de 130 kg N/ha foi utilizada. Este resultado pode estar associado com o provável menor teor de proteína bruta presente nos grãos devido a menor disponibilidade de nitrogênio fornecida para a cultura, dessa forma o teor de amido é maior, favorecendo assim o intumescimento, hidratação e retenção de água nos grãos, sendo o amido o responsável pela retenção de água e propiciando o rendimento de cocção.

Entre as doses de nitrogênio, quando combinadas com as densidades de semeadura, houve diminuição do rendimento volumétrico na maior dose ao se utilizar densidade de semeadura de 50 kg/ha. Por outro lado, houve aumento do rendimento volumétrico dos grãos do genótipo IRGA 424 RI quando a maior dose de nitrogênio (180 kg N/ha) e as maiores densidades de semeadura (75 e 100 kg/ha) foram adotadas. Esse resultado pode estar associado a presença de grãos gessados e “barriga branca” (Tabelas 13 e 15), sendo que foram observados menores percentuais de grãos opacos com o aumento da adubação nitrogenada de 130 para 180 kg de nitrogênio por hectare.

Segundo Yang et al. (2007), a presença de grãos opacos tem relação negativa com a qualidade do cozimento; quanto maior for o percentual de grãos gessados e “barriga branca”, menor será a densidade dos grânulos de amido que terão tendência a maior desintegração no processo de cozimento. Os grãos com maiores percentuais de centro opaco possuem uma tendência a desintegração no momento do cozimento e podem diminuir o rendimento final de cocção, tanto o rendimento gravimétrico como o volumétrico.

Os rendimentos gravimétrico e volumétrico para o genótipo IRGA 424 RI não apresentaram variação significativa quanto a avaliação dos dados, não sofrendo alterações em função dos manejos utilizados.

5.4. Conclusões

O genótipo INOV CL apresentou maior sensibilidade aos manejos estudados para peso de mil grãos, rendimento de grãos inteiros, grau de polimento e rendimento de cocção quando comparado ao genótipo IRGA 424 RI.

O peso de mil grãos para o genótipo IRGA 424 RI foi maior na segunda safra.

A densidade de semeadura de 100 kg/ha proporcionou maior renda de beneficiamento para o genótipo IRGA 424 RI.

O incremento em adubação nitrogenada proporcionou menor percentual de grãos gessados para o genótipo INOV CL e grãos “barriga branca” para ambos os genótipos. O genótipo IRGA 424 RI apresentou menor percentual de grãos gessados na segunda safra, independente da dose de nitrogênio e da densidade de semeadura utilizadas

O grau de brancura diminuiu na Safra 2 e com o aumento de adubação nitrogenada para ambos os genótipos estudados e a vitricidade dos grãos para o genótipo INOV CL foi maior com incremento de adubação nitrogenada e na segunda Safra e para o genótipo IRGA 424 RI a vitricidade aumentou na segunda safra.

O tempo de cocção do genótipo INOV CL diminuiu na Safra 2 para todas as densidades de semeadura estudadas e o genótipo IRGA 424 RI apresentou menor tempo de cocção para a Safra 1 quando a maior dose de N foi utilizada.

Na Safra 2 também ocorreu um menor tempo de cozimento nas densidades de semeadura de 75 e 100 kg/ha comparadas à densidade de 50 kg/ha. Entre as doses e as densidades houve diferença estatística na Safra 2018-2019 (Safra 1), onde observou-se um tempo de cocção maior com o incremento de adubação e nas densidades de 75 e 100 kg/ha.

O genótipo INOV CL apresentou menor valor para rendimento gravimétrico na Safra 2 e nas densidades de 50 e 75 kg/ha e a Safra 2 apresentou um melhor desempenho quanto ao rendimento volumétrico dos grãos quando a dose de nitrogênio de 130 kg N/ha foi utilizada.

7. Considerações finais

Os resultados apresentados nesta Tese contribuem para a recomendação de manejos agrícolas mais eficientes aos produtores de arroz irrigado e fortalecem o uso de boas práticas agrícolas para melhorias na qualidade industrial do arroz.

Recomenda-se realizar a colheita dos grãos dos genótipos INOV CL e IRGA 424 RI em uma faixa de umidade próxima a 22%.

A desuniformidade de maturação entre as porções na panícula pode ser minimizada quando os grãos forem colhidos dentro da faixa de umidade de 22%, aumentando-se assim o peso de mil grãos, rendimento de grãos inteiros e o percentual de grãos translúcidos.

Entre as umidades de colheita estudadas, grãos da faixa de umidade de 22% estavam mais maduros e apresentaram maior uniformidade de maturação entre as posições na panícula quando comparados com a faixa de umidade de 28%.

A safra de cultivo do arroz irrigado exerce influência sobre variáveis de qualidade dos grãos, sendo que safras com predominância do fenômeno meteorológico La niña apresentam resultados superiores quanto ao rendimento de grãos inteiros quando comparadas a safras com atuação do fenômeno El niño.

Quanto às densidades de semeadura, de forma geral, para o genótipo INOV CL o aumento da densidade não favoreceu melhorias significativas de qualidade de grãos e dessa forma a recomendação próximo a 50 kg/ha deve ser mantida. Para o genótipo IRGA 424 RI as densidades de semeadura maiores propiciaram melhores rendimentos em qualidade dos grãos.

Estudos com outras cultivares e/ou outros parâmetros de manejo são necessários para esclarecer efeitos do local de cultivo, do clima e do próprio manejo sobre a qualidade de grãos de arroz irrigado.

Referências

AHMED, S; HUMPHREYS, E; SALIM, M; CHAUHAN, B.S. Growth, yield and nitrogen use efficiency of dry-seeded rice as influenced by nitrogen and seed rates in Bangladesh. **Field Crop Res.** 186, p. 18–31. 2016.

AOAC. **Official Methods Of Analysis Of The Association Of Official Analytical Chemists.** 16th ed., Washington, DC, 1997.

ARIYARATNA, M; TAKAMURE, I; KATO, K. Plant architecture and its responses to high planting density and low fertilizer of reduced culm number mutants in rice (*Oryza sativa* L.). **J. Plant Breed Crop Sci.** 3, p. 114–119. 2011.

ARIJAJE E O e WANG Y-J. Effects of Chemical and Enzymatic Modifications on Starch–Oleic Acid Complex Formation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 63, p. 4202-4210. 2015.

ARTACHO, P; BONOMELLI, C; MEZA, F. Nitrogen application in irrigated rice grown in mediterranean conditions: effects on grain yield, dry matter production, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. **J. Plant Nutr.** 32 (9), p. 1574–1593. 2009.

ASHWAR, B. A; GANI, A; WANI, I. A; SHAH, A; MASOODI, F. A; e SAXENA, D. C. Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: In vitro digestibility, thermal and structural characterization. **Food Hydrocolloids**, 56, p. 108–117. 2016.

BALINDONG, J.L; WARD, R.M; LIU, L; ROSE, T.J; PALLAS, L.A; OVENDEN, B.W; SNELL, P.J; WATERS, D.L.E. Rice grain protein composition influences instrumental measures of rice cooking and eating quality. **J. Cereal Sci.** 79, p. 35–42. 2018.

BALOCH, A.W; SOOMRO, A.M; JAVED, M.A; AHMED, M; BUGHIO, H.R; BUGHIO, M.S; MASTOI, N.N. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). **Asian J. Plant Sci.** 1 (1), p. 25–27. 2002.

BAO, J. S. To ward understanding the genetic and molecular bases of the eating and cooking qualities of rice. **Cereal Food World**, 57, p.148–156. 2012.

BASHIR, K; AGGARWAL, M. Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. **J. Food Sci. Technol.**, 56, p. 513-523. 2019.

BATISTA, C. S., DOS 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**, 286, 98-105. 2019.

BHAT, F. M.; RIAR, C. S. Effect of amylose, particle size & morphology on the functionality of starches of traditional rice cultivars. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92, p. 637–644, 2016.

BINOTTI, F.F.S. et al. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade fisiológica do arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.2, p.219-226, 2007.

BLAZEK, J; GILBERT, E. P. Application of small-angle X-ray and neutron scattering techniques to the characterisation of starch structure: a review. **Carbohydrate Polymers**, 85, p. 281-293. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Comissão Técnica de Normas e Padrões, Regulamento Técnico do Arroz**. Instrução Normativa N°06, de 16.02. (2009a).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV,365p. (2009b).

CAI. J.; MAN. J.; HUANG. J.; LIU. Q.; WEI. W.; WEI. C. Relationship between structure and functional properties of normal rice starches with different amylose contents. **Carbohydrate Polymers**, v. 125, p. 35-44, 2015

CASTRO et al. Qualidade de grãos de arroz. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).1999.

CASSMAN, K. G; DOBERMANN, A; WALTERS, D. T; YANG, H. S. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. **Annual Review of Environment and Resources**, 28, p. 315–358. 2003.

CHAMPAGNE et al. Correlation between cooked rice texture and Rapid Visco Analyses measurements. **Cereal Chem.** 76, p. 764–771. 1999.

CHAMPAGNE, E. T; BETT-GARBER, K. L; THOMSON, J. L; FITZGERALD, M. A. Unraveling the impact of nitrogen nutrition on cooked rice flavor and texture. **Cereal Chemistry**, 86, p. 274–280. 2009.

CHANDRAJITH, U. G; GUNATHILAKE, D. M. C. C; BANDARA, B. D. M. P; SWARNASIRI, D. P. C. Effects of combine harvesting on head rice yield and chaff content of long and short grain paddy harvest in Sri Lanka. **Procedia Food Science**, 6, p. 242-245. 2016.

CHAMPAGNE et al. Effects of postharvest processing on rice texture profile analysis. **Cereal Chemistry**, v. 75, p.181-186, 1999.

CHEN W. F, XU, Z. J. Theories and Methods of Rice Breeding for Super High Yield. **Science Press**, Beijing, China. p. 211–252. 2007.

CHEN, B; ZHANG, B; LI, M.N; XIE, Y; CHEN, H. Q. Effects of glutenin and gliadin modified by protein-glutaminase on pasting, rheological properties and microstructure of potato starch. **Food Chem.**, 253 p. 148-155. 2018.

CHEN, S; XIONG, J; GUO, W; BU, R; ZHENG, Z; CHEN, Y; YANG, Z; LIN, R. Colored rice quality inspection system using machine vision. **Journal of Cereal Science**, 88, p. 87-95. 2019.

CHENG, F. M; ZHONG, L. J; WANG, F; & ZHANG, G. P. Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains. **Food Chemistry**, 90, p. 39-46. 2005.

CHENG, S. H. China Rice Industry Development Report in 2009. **China Agriculture Press**, Beijing, China. p. 15–56. 2009.

CHENG, C; ALI, A; SHI, Q; ZENG, Y; TAN, X; SHANG, Q; HUANG, S; XIE, X.; ZENG, Y. Response of chalkiness in high-quality rice (*Oryza sativa* L.) to temperature across different ecological regions. **Journal of Cereal Science**, 87, p. 39-45. 2019.

COLUSSI, R; PINTO, V. Z; EL HALAL, S. L. M; VANIER, N. L; VILLANOVA, F. A; SILVA, R. M; ZAVAREZE, E. R; DIAS, A. R. G. Structural, morphological, and physicochemical properties of acetylated high-, medium-, and low-amylose rice starches. **Carbohydrate Polymers**, 103, p. 405-413. 2014.

DAWSON, J.C; HUGGINS, D.R; JONES, S.S. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. **Field Crops Res.** 107, p. 89–101. 2008.

DENARDIM e SILVA. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas.** Ciência Rural, Santa Maria. V. 39. N 3, p 945-954. 2009.

DENG, F; WANG, L; YAO, X; WANG, J. J; REN, W. J; YANG, W. Y. Effects of different-growing-stage shading on rice grain-filling and yield. **J Sichuan Agric Univ**, 27(3): 265–269. 2009.

DENG, F; WANG, L; PU, S-L; MEI, X-; LIA, S-X; LIA, Q-P e REN, W-J. Shading stress increases chalkiness by postponing caryopsis development and disturbing starch characteristics of rice grains. **Agricultural and Forest Meteorology**, 263, p. 49-68. 2018.

DONG, M. H; ZHAO, B. H; WU, X. Z; TAO, C; YANG, J. C. Difference in hormonal content and activities of key enzymes in the grains at different positions on a rice panicle during grain filling and their correlations with rice qualities. **Scientia Agricultura Sinica**, v. 41, n. 2. p. 370-380, 2007.

DOU, Z; TANG, S; CHEN, W; ZHANG, H; LI, G; LIU, Z; DING, C; CHEN, L; WANG, S; ZHANG, H; DING, Y. Effects of open-field warming during grain-filling stage on grain quality of two japonica rice cultivars in lower reaches of Yangtze river delta. **J. Cereal Sci.** 81, p. 118–126. 2018.

DU, Y; WANG, Y; WANG, X.H; SUN, N; YANG, J.C. Comparisons of plant type, grain yield, and quality of different japonica rice cultivars in Huanghe-Huaihe river area. **Acta Agron. Sin.** 33, p. 1079–1085. 2007.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food.** 664 p.1996.

ELIASSON, A.C. **Starch in food – Structure, function and applications.** 605p. 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado.** Março, 2021. Disponível em: http://agromet.cpact.embrapa.br/online/Resumos_Mensais.

FALADE, K. O; SEMON, M; FADAIRO, O. S; OLADUNJOYE, A. O e OROU, K. K. Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, 39, p. 41-50. 2014.

FARREL, T.C. et al. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: Screening with cold air and cold water. **Field Crops Research**, v.98, p.178-194. 2006.

FITZGERALD, M. A; McCOUCH, S. R; HALL, R. D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 3, p. 133-139, 2009.

FU, J; YANG, J-C. Research advances in high-yielding cultivation and physiology of super rice. **Rice Science**, v. 19, p. 177-184, 2012.

GAO, H; MA, Q; LI, G. Y; YANG, X; LI, X. Q; YIN, C. Y; LI, M; ZHANG, Q; ZHANG, H. C; DAI, Q. G; WEI, H. Y. Effect of nitrogen application rate on cooking and eating qualities of different growth-development types of japonica rice. **Scientia Agricultural Sinica**, 43, p. 4543–4552. 2010.

GHOSH, M.; MANDAL, B. K.; LODH, S. B.; DASH, A. K. The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 142, n. 2, p. 183-191, 2004.

GU, J. F; CHEN, J; CHEN, L; WANG, Z. Q; ZHANG, H; YANG, J. C. Grain quality changes and responses to nitrogen fertilizer of *japonica* rice cultivars released in the Yangtze River Basin from the 1950 s to 2000 s. **The Crop Journal**, 3, p. 285-297, 2015.

GUNAWARDENA, T.A. et al. Low temperature induced spikelet sterility in rice. II. Effects of panicle and root temperatures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, n.10, p.947- 956, 2003.

GUO, T; LIU, X; WAN, X; WENG, J; LIU, S; LIU, X; CHEN, M; LI, J; SU, N; WU, F; CHENG, Z; GUO, X; LEI, C; WANG, J; JIANG, L; WAN, J. Identification of a stable quantitative trait locus for percentage grains with white chalkiness in rice (*Oryza sativa* L.). **J. Integr. Plant Biol.** 53 (8), p. 598–607, 2011.

HIZUKURI, S.; KANEKO, T.; TAKEDA, Y. Measurement of the chain length of amylopectin and its relevance to the origin of crystalline polymorphism of starch granules. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)**, v. 760, p. 188-191, 1983.

HOOVER, R; RATNAYAKE, W. Determination of total amylose content of starch. In: **R. E. Wrolstad, Current protocols of food analytical chemistry**. Unit E2.3. John Wiley and Sons, USA, 2001.

HOOVER, R; HUGHES, T; CHUNG, H. J; & LIU, Q. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. **Food Research International**, 43, P. 399-413. 2010.

HUANG, M; ZOU, Y.B; JIANG, P; XIA, B; FENG, Y.H; CHENG, Z.W; MO, Y.L. Yield component differences between direct-seeded and transplanted super hybrid rice. **Plant Prod. Sci.** 14 (4), P. 331–338. 2011.

HUANG, M; YANG, C.L; JI, Q.M; JIANG, L.G; TAN, J.L; LI, Y. Tillering responses of rice to plant density and nitrogen rate in a subtropical environment of southern China. **Field Crop Res.** 149, p. 187–192. 2013.

HUANG. L; SUN. F; YUAN. S; PENG. S; WANG. F. Different mechanisms underlying the yield advantage of ordinary hybrid and super hybrid rice over inbred rice under low and moderate N input conditions. **Field Crops Research**, v. 216, p. 150-157, 2018.

HUANG et al. Increased hill density can compensate for yield loss from reduced nitrogen input in machine-transplanted double-cropped rice. **Field Crops Research**, 221, p. 333-338, 2018.

HUGHES, T.; HOOVER, R.; LIU, Q.; DONNER, E.; CHIBBAR, R.; JAISWAL, S. Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Canada. **Food Research International**, v. 42, n. 5-6, p. 627-635, 2009.

IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Boletim de resultados da lavoura – safra 2019-2020**. Agosto, 2020. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/relatorio-da-safra-2019-20>.

ISHYMARU, T.; RORIGANE, A. K.; IDA, M.; IWASAWA, N.; SAN-OH, Y.; NAKASONO, N.; NISHISAWA, N. K.; MASUMURA, T.; KONDO, M.; YOSHIDA, M. Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress. **Journal of Cereal Science**, London, v. 50, n. 2, p. 166-174, 2009.

JAGADISH, S.V.K. et al. High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.7, p.1627-1635. 2007.

JULIANO, B.O. Rice properties and processing. **Food Reviews International**, v. 1, p.432–445, 1985.

JULIANO, B. O. **Rice chemistry and quality**. Philippines: Philippine Rice Research Institute, 2003. 480 p.

KATO, T. Effects of the shading and rachis-branch clipping on the grain-filling process of rice cultivars differing in the grain size. **Jpn J Crop Sci**, 55(2): 252–260. 1986.

KAUR, A.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; GURAYA, H. S. Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. **Food Chemistry**, v. 101, p. 643-651, 2007.

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

KLAOCHANPONG, K; PUTTANLEK, C; RUNGSARDTHONG, C; PUNCHA-ARNON, S; UTTAPAP, D. Physicochemical and structural properties of debranched waxy rice, waxy corn and waxy potato starches. **Food Hydrocolloids**, 45, p. 218-226. 2015.

KONG, X.; BERTOFT, E.; BAO, J.; CORKE, H. Molecular structure of amylopectin from amaranth starch and its effect on physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 43, p. 377-382, 2008.

KRISHNAN, P; RAO, A.V.S. Effects of genotype and environment on seed yield and quality of rice. **J. Agric. Sci.** 143, 283–292. 2005.

KUBOTA, M; SAITO, Y; MASUMURA, T; KUMAGAIM, T; WATANABE, R; FUJIMURA, S; KADOWAKI, M. Improvement in the in vivo digestibility of rice protein by alkali extraction is due to structural changes in prolamin/Protein Body-I particle. **Biosci. Biotechnol. Biochem.** 74 (3), p. 614-619. 2010.

LAJOLO, F.M; MENEZES, E.W. **Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 648p. 2006.

LI, L; TANG, Y. F; YAO, Y. K; LIU, M. H. The effects of light quality environment under simulated-cloudy conditions during vegetative growth stage on rice development and yield formation. **Chin J Agric Meteor**, 18(2): 1–5. 1997.

LI, H.; CHEN, Z.; HU, M.; WANG, Z.; HUA, H.; YIN, C.; ZENG, H. Different effects of night versus day high temperature on rice quality and accumulation profiling of rice grain proteins during grain filling. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 30, n. 9, p. 1641-1659, 2011.

LI, G. Y.; ZHANG, H. C.; LI, M.; DONG, X. B.; HUO, Z. Y.; CHENG, F. H.; HUANG, D. S.; ZHANG, J.; LIU, M.; YANG, X.; WANG, Y. Population productivity and properties of early super hybrid cultivars under nitrogen fertilization. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, 18, p. 786–795. 2012.

LI, F.B.; FANG, F.P.; CHENG, S.H. Rice production in Zhejiang Province: production capacity, restrictive factors and countermeasures. **Res. Agric. Modern** 32 (2), p. 261–265. 2011.

LI, H.; PRAKASH, S.; NICHOLSON, T. M.; FITZGERALD, M. A.; GILBERT, R. G. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. **Food Chemistry**, 196, p. 702-711. 2016.

LI, H.; WEN, Y.; WANG, J.; BAOGUO, S. Relations between chain-length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches. **International Journal of Biological Macromolecules**, 120, 2017-2025. 2018.

LING L. Characteristic of tiller production of mechanical transplanted rice and the matching high yield cultural techniques improvement. **Jiangsu Agricultural Science**, 3, p. 14–19. 2005.

LIU, K.; MCWATTERS, K.H.; PHILLIPS, R.D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to cook defect in cowpeas. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. v.40, p.2483-2487, 1992.

LIU, Q. H.; ZHOU, X. B.; YANG, L. Q.; LI, T.; ZHANG, J. J. Effects of early growth stage shading on rice flag leaf physiological characters and grain growth at grain-filling stage. **Chin J Appl Ecol**, 20(9): 2135–2141. 2009.

LIU, G.; GU, Z.; HONG, Y.; CHENG, L.; CAIMING LI, C. Structure, functionality and applications of debranched starch: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 63, p. 70-79, 2017.

LU, Y.; WANG, X. J.; ZHANG, H. C.; HUO, Z. Y.; DAI, Q. G.; XU, K. A study on the high yielding mechanism of different rice cultivars under different planting density conditions. **J. Jiangsu Agric. Sci.** 1. p. 18-20. 2008.

LYMAN, N. B.; JAGADISH, K. S. V.; NALLEY, L. L.; DIXON, B. L.; SIEBENMORGEN, T. Neglecting rice milling yield and quality underestimates economic losses from hightemperatures stress. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 8, p. 1-9, 2013.

LYON, B.G; CHAMPAGNE, E.T; VINYARD, B.T; WINDHAM, W.R; BARTON, F.E; WEBB, B.D; MCCLUNG, A.M; MOLDENHAUER, K.A; LINSCOMBE, S; MCKENZIE, K.S; KOHLWEY, D.E. Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. **Cereal Chem.** 76 (1), p. 56-62. 1999.

LISLE, A.J; MARTIN, M; FITZGERALD, M.A. Chalky and translucent rice grains differ in starch composition and structure and cooking properties. **Cereal Chem.** 77, p. 627–632. 2000.

MAHAJAN, G; CHAUHAN, B.S; GILL, M.S. Optimal nitrogen fertilization timing and rate in dry-seeded rice in northwest India. **Agron. J.** 103 (6), p.1676–1682. 2011.

MAKINO, A; MAE, T; OHIRA, K. Relation between nitrogen and ribulose 1,5-bibhosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. **Plant Cell Physiol.** 25. p. 429-437, 1984.

MARCHEZAN et al. Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v 28, n 7, p 843-848. 1993.

MARZARI, V; MARCHEZAN, E; DA SILVA, L. S; CAMARGO, R. E; TELÓ, G. M. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. I - Características agrônômicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 37, n 2, p 330 - 336, 2007.

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.

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, p.101-118, 1997.

MIAO, M; ZHANG, T; JIANG, B. Characterisations of kabuli and desi chickpea starches cultivated in China. **Food Chemistry**, 113, p. 1025-1032. 2009.

MIIZUNO, K; KIMURA, K; ARAI, Y; KAWASAKI, T; SHIMADA, H; BABA, T. Starch branching enzymes from immature rice seeds. **J Biochem**, 112(5): 643–651.1992.

MING-HUI, D; PEI-FENG, C; YU-LIN, X; ZHONG-YING, Q; JIAN-CHANG, Y. Variations in carbohydrate and protein accumulation among spikelets at different positions within a panicle during rice grain filling. **Rice Science**, v. 19, n. 3, p. 223-232, 2012.

MISHRA, R; RAO, G. J. N; RAO, R. N, e KAUSHAL, P. Development and Characterization of Elite Doubled Haploid Lines from Two Indica Rice Hybrids. **Rice Science**, 22, p. 290-299. 2015.

MOHAPATRA, P. K; PATEL, R; SAHU, S. K. Time of flowering affects grain quality and spikelet partitioning within the rice panicle. **Australian Journal of Plant Physiology**, 20, p. 231-41. 1993.

MOHAPATRA, D; BAL, S. Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. **Journal of Food Engineering**, v.73, p. 253–259, 2006.

MO, H. D. Grain quality improvement of rice in China. **Sci Agric Sin**, 26 (4): p. 8-14. 1993.

MONKS et al. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of Rice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 30, p. 73-79, 2013.

NNYIGIDE, O. S; HYUN, K. The rheological properties and gelation kinetics of corn starch/bovine serum albumin blend. **Korea Aust. Rheol. J.**, 32, p. 71-78. 2020.

NOWOTNA, A; GAMBUS, H; KRATSCH, G; KRAWONTKA, J; GAMBUS´, F; SABAT, R; ZIOBRO, R. Effect of nitrogen fertilization on the physicochemical properties of starch isolated from German triticale varieties. **Starch**, 59, p. 397-399. 2007.

NORSWORTHY, J.K; FOGLEMAN, M; BARBER, T; GBUR; E.E. Evaluation of acetochlor-containing herbicide programs in imidazolinoneand quizalofop-resistant rice. **Crop Protection**, 122. p. 98-105. 2019.

OLIVEIRA, M. G. de C.; BASSINELLO, P. Z.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Caracterização da qualidade de diferentes proporções da mistura de arroz tipo 1:

branco e parboilizado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.34, n. 2, p. 111-121, 2009.

Osborne, T. B. **The Vegetable Proteins**. Longmans, Green and Co., London. 1924. p 143-162.

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**. China v.78. p.151-156, 2001.

PENG, S; CASSMAN, K.G; VIRMANI, S.S; SHEEHY, J; KHUSH, G.S. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. **Crop Sci**. 39, p. 1552–1559. 1999.

PENG, B; KONG, D.Y; NASSIROU, T.Y; PENG, Y; HE, L.L; SUN, Y.F; PANG, R.H; SONG, X.H; PENG, J; LI, H.L; GUO, G.Y; LI, J.T; LIU, L; SONG, S.Z; ZHOU, Q.Y; DUAN, B; YUAN, H.Y. The arrangement of endosperm cells and development of starch granules are associated with the occurrence of grain chalkiness in japonica varieties. **J. Agric. Sci**. 10 (7), p. 156–166. 2018.

PINKAEW, H; WANG, Y-J; & NAIVIKUL, O. Impact of pre-germination on amylopectin molecular structures, crystallinity, and thermal properties of pre-germinated brown rice starches. **Journal of Cereal Science**, 73, p. 151-157. 2017.

POLIDORO, E. **Qualidade de grãos de diferentes genótipos de arroz produzidos em Pelotas-RS e industrializados por processo convencional e por parboilização**. 2018. Dissertação (Mestrado 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. 2018.

QIAN, Q. Smart super rice. **Sci. China Life Sci**. 60, p. 1–3. 2017.

RAY, D.K; FOLEY, J.A. Increasing global crop harvest frequency: recent trends and future directions. **Environ. Res. Lett**. 8, p. 44041–44050. 2013.

REN, W. J; YANG, W. Y; XU, J. W; FAN, G. Q; WANG, L. Y; GUAN, H. Impact of low-light stress on leaves characteristics of rice after heading. **J Sichuan Agric Univ**, 20(3): 205–208. 2002.

REN, W. J; YANG, W. Y; XU, J. W; FAN, G. Q; MA, Z. H. Effect of low light on grains growth and quality in rice. **Acta Agron Sin**, 29(5): 785–790. 2003.

ROMAN et al. **Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação**. Passo Fundo, 2007. 158 p.

SANTOS, T.P.B. **Características físicas e químicas dos grãos gessados e seus efeitos na qualidade do arroz**. 2012. Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás.

SATO, K. Studies on the starch contented in the tissues of rice plant: II. Effects of shading and nitrogen supply on the development of kernels and on the amount of starch stored in the culm internodes. **Jpn J Crop Sci**, 25(3): 154–155. 1956.

SECK, P.A; DIAGNE, A; MOHANTY, S; WOPEREIS, M.S.C. Crops that feed the world 7: rice. **Food Secur.** 4 (1), p. 7–24. 2012.

SHI, C. H.; WU, J. G.; LOU, X. B.; ZHU, J.; WU, P. Genetic analysis of transparency and chalkiness area at different filling stages of rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 1-9, 2002.

SHI, Z.L; LI, D.D; JING, Q; CAI, J; JIANG, D; CAO, W.X; DAI, T.B. Effects of nitrogen applications on soil nitrogen balance and nitrogen utilization of winter wheat in a rice-wheat rotation. **Field Crop Res.** 127, p. 241–247. 2012.

SIEBENMORGEN, T. J; BAUTISTA, R. C; COUNCE, P. A. Optimal harvest moisture contents for maximizing milling quality of long- and medium-grain rice cultivars. **Applied Engineering in Agriculture**, 23, p. 517-527. 2007.

SIEBENMORGEN, T. J; GRIGG, B. C; LANNING, S. B. Impacts of Preharvest Factors During Kernel Development on Rice Quality and Functionality. **Annual Review of Food Science and Technology**, 4, p. 101-115. 2013.

SILVA et al. 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 Polymers**, 86, p. 219-225. 2011.

SIRIPHOLLAKUL, P; NAKANO, K; KANLAYANARAT, S; OHASHI, S; SAKAI, R; RITTIRON, R; MANIWARA, P. Eating quality evaluation of Khao Dawk Mali 105 rice using nearinfrared spectroscopy. **Food Science and Technology**, 79. p. 70-77. 2017.

SMIDERLE, O, J; DIAS, C. T. S. Época de colheita e armazenamento de sementes de arroz produzidas no cerrado de Roraima. **Revista Agro@ambiente**. v. 5, n. 1, p. 18-23, 2011.

Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXXII Reunião técnica da cultura do arroz irrigado, Farroupilha - RS, Brasil, 08-10. Agosto, 2018. Cachoeirinha - RS: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 2018.

SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. O. B.; PINTO, J. F.; CARGNIN, A.; LEITZKE, L. N.; HÖLBIG, L. S. Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 418-423, 2006.

SREENIVASULU, N; BUTARDO JR; V.M; MISRA, G; CUEVAS, R.P; ANACLETO, R; KAVI KISHOR, P.B. Designing climate-resilient rice with ideal grain quality suited for high-temperature stress. **J. Exp. Bot.** 66, p. 1737-1748. 2015.

SRISTY, S. M. I. H; MAHBUB, S; ALAM, M. M; WABAIDUR, S. M; RANA, S; HOQUE, A; RUB, M. A. Interaction of tetradecyltrimethylammonium bromide with sodium dodecyl sulfate in aqueous/urea medium at several temperatures and compositions. **Journal of Molecular Liquids**, 284, p. 12-22. 2019.

SUN, Y.J; MA, J; SUN, Y.Y; XU, H; YANG, Z.Y; LIU, S.J; JIA, X.W; ZHENG, H.Z. The effects of different water and nitrogen managements on yield and nitrogen use efficiency in hybrid rice of China. **Field Crop Res.** 127, p. 85–98. 2012.

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.

TANG, L; GAO, H; HIROOKA, Y; HOMMA, K; NAKAZAKI, T; LIU, T.S; SHIRAIWA, T; XU, Z. Erect panicle super rice varieties enhance yield by harvest index advantages in high nitrogen and density conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, 16(7): p. 1467–1473. 2017.

TAO, K.; YU, W.; PRAKASH, S.; GILBERTA, R. G. High-amylose rice: Starch molecular structural features controlling cooked rice texture and preference. **Carbohydrate Polymers**, v. 219, p. 251–260. 2019.

TASHIRO, T; EBATA, M. Studies on white belly rice kernel: III. Effect of ripening conditions on occurrence of white belly kernel. **Proc Crop Sci Soc Jpn**, 44(1): 86–92. 1975.

THARANATHAN, R.N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.

TONG, C; CHEN, Y. L; TANG, F. F; XU, F. F; HUANG, Y; CHEN, H. Genetic diversity of amylose content and RVA pasting parameters in 20 rice accessions grown in Hainan, China. **Food Chemistry**, 161, p. 239-245. 2014.

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; GUL, K.; WANI, I. A. Rice Starch Diversity: Effects on Structural, Morphological, Thermal, and Physicochemical Properties-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 11, p. 417-436, 2012.

VILLANOVA, F. A; VANIER, N. L; MADRUGA, N. A; PESEK, J; MATYSKA-PESEK, M; ELIAS, M. C; OLIVEIRA, M. Improvement of the quality of parboiled rice by using anti-browning agents during parboiling process. **Food Chemistry**, 235, p. 51-57. 2017.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, p. 1184–1192, 2008.

WANDER, A. E; PADRÃO, G. A. Viabilidade econômica de arroz convencional VS. Híbrido. **Anais do X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**, Gramado, 2017.

WANG, F; CHENG, F. M. Research advances in the relationships between ABA and rice grain filling. **Seed**, v. 23, n. 1, p. 31-35, 2004.

WANG, H; DENG, X. W. Development of the “Third-Generation” Hybrid Rice in China. **Genomics, Proteomics & Bioinformatics**, v. 16, Issue 6, p. 393-396, 2018.

WANG, W; GE, J; XU, K; GAO, H; LIU, G; WEI, H; ZHANG, H. Differences in Starch Structure, Thermal Properties, and Texture Characteristics of Rice from Main Stem and Tiller Panicles. **Food Hydrocolloids**, 99, 105-341. 2020.

WANG. L.; WANG. Y-J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 291-296, 2004.

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; GUL, K.; WANI, I. A. Rice Starch Diversity: Effects on Structural, Morphological, Thermal, and Physicochemical Properties-A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, p. 417-436, 2008.

WEI, H; MENG, T; LI, X; DAÍ, Q; ZHANG, H; YIN, X. Sink-source relationship during rice grain filling is associated with grain nitrogen concentration. **Field Crops Research**, 215, 23-38. 2018.

WU, F. F; CHEN, H. Y; YANG, N; WANG, J; DUAN, X; JIN, Z. Y. Effect of germination time on physicochemical properties of brown rice flour and starch from different rice cultivars. **Journal of Cereal Science**, 58, p. 263-271. 2013.

XIE, L; CHEN, N; DUAN, B; ZHU, Z; LIAO, X. Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. **J. Cereal Sci.** 47 (2), p. 372-379. 2008.

XIE L H, YE D C, HU P S, CHEN N, TANG S Q, LUO J, JIAO G A. Effects of nitrogen fertilizer application rate and management strategy on grain yield and quality of rice variety "Yongyou 6". **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, 17, 784–794. 2011.

XU, Y; YING, Y; OUYANG, S; DUAN, X; SUN, H; JIANG, S; SUN, S; BAO, J. Factors Affecting Sensory Quality of Cooked japonica Rice. **Rice Science**, 25, p. 330-339. 2018.

YAMANO, T; AROUNA, A; LABARTA, R.A; HUEL GAS, Z.M; MOHANTY, S. Adoption and impacts of international rice research technologies. **Glob. Food Secur.** 8, p. 1–8. 2016.

YANG, L. X; WANG, Y. L; DONG, G. C; GU, H; HUANG, J. Y; ZHU, J. G; YANG, H. J; LIU, G; HAN, Y. The impact of free-air CO₂ enrichment (FACE) and nitrogen supply on grain quality of rice. **Field Crops Research**, 102, p. 128–140. 2007.

YANG, L; ZHANG, J. Grain filling problem in “super” rice. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 1, p. 1-5, 2010.

YANG, X.G; CHEN, F; LIN, X.M; LIU, Z.J; ZHANG, H.L; ZHAO, J; LI, K.N; YE, Q; LI, Y; LV, S; YANG, P; WU, W.B; LI, Z.G; LAL, R; TANG, H.J. Potential benefits of climate change for crop productivity in China. **Agric. For. Meteorol.** 208, p. 76–84. 2015.

YOSHIOKA, Y.; IWATA, H.; TABATA, M.; NINOMIYA, S.; OHSAWA, R. Chalkiness in rice: potential for evaluation with image analysis. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 5, p. 2113-2120, 2007.

YUAN, L; YANG, Z; YANG, J. Hybrid rice in China. In: Virmani, S.S. (Ed.), Hybrid Rice Technology: New Developments and Future Prospects. **International Rice Research Institute**, Los Baños, Philippines, p. 143–147. 1994.

YUAN, S; NIE L. WANG, F; HUANG, J; PENG, S. Agronomic performance of inbred and hybrid rice cultivars under simplified and reduced-input practices. **Field Crops Res.** 210, p. 129–135. 2017.

ZENG, Y; TAN, X; ZENG, Y; XIE, X; PAN, X; SHI, Q; & ZHANG, J. Changes in the rice grain quality of different high-quality rice varieties released in southern China from 2007 to 2017. **Journal of Cereal Science**, 87, p. 111-116. 2019.

ZHANG, P. L; ZHONG, X. H; ZENG, X. J; XU, Y. Q. A study on the difference in the chalk degree of the grains in a panicle. **Acta Agricultural University Jiangxi**, v .17, n. 4, p. 396-399, 1995.

ZHANG, W; BI, J; CHEN, L; ZHENG, L; JI, S., XIA, Y; XIE, K; ZHAO, Z; WANG, Y; LIU, L; JIANG, L; WAN, J. QTL mapping for crude protein and protein fraction contents in rice (*Oryza sativa* L.). **J. Cereal Sci.** 48 (2), p. 539-547. 2008.

ZHANG, Y; TANG, Q; ZOU, Y; LI, D; QIN, J; YANG, S; CHEN, L; XIA, B; PENG, S. Yield potential and radiation use efficiency of super hybrid rice grown under subtropical conditions. **Field Crops Res.** 114, p. 91–98. 2009.

ZHANG, Q.F. Brilliant fifty years of hybrid rice research in China. **Chin. Sci. Bull.** 61, p. 3730–3731. 2016.

ZHANG, C.; ZHOU, L.; ZHU, Z.; LU, H.; ZHOU, X.; QIAN, Y.; LIU, Q. Characterization of Grain Quality and Starch Fine Structure of Two Japonica Rice (*Oryza Sativa*) Cultivars with Good Sensory Properties at Different Temperatures during the Filling Stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, p. 4048-4057, 2016.

ZHAO, X; XIE, Y.X; XIONG, Z.Q; YAN, X.Y; XING, G.X; ZHU, Z.L. Nitrogen fate and environmental consequence in paddy soil under rice–wheat rotation in the Taihu lake region, China. **Plant Soil**, 319 (1–2), p. 225–234. 2009.

ZENG, Y; TAN, X; ZENG, Y; XIE, X; PAN, X; SHI, Q; ZHANG, J. Changes in the rice grain quality of different high-quality rice varieties released in southern China from 2007 to 2017. **Journal of Cereal Science**, 87, p 111–116. 2019.

ZHOU, G. Q; XU, M. L; TAN, Z. Effect of ecological factors of protein and amino acids of rice. **Acta Ecol Sin**, 17(5): p. 537-542.1997.

ZHOU, L-J; JIANG, L; LIU, X; CHEN, H; CHEN, L-M; LIU, S-J; WAN, J-M. Mapping and Interaction of QTLs for Thousand-Grain Weight and Percentage of Grains with Chalkiness in Rice. **Acta Agronomica Sinica**, 35, p. 255-261. 2009.

ZHOU, L.; CHEN, L.; JIANG, L.; ZHANG, W.; LIU, L.; LIU, X.; ZHAO, Z.; LIU, S.; ZHANG, L.; WANG, J.; WANG, J. Fine mapping of the grain chalkiness QTL pPGWC-7 in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 581-590, 2009.

ZHOU, L; LIANG, S; PONCE, K; MARUNDON, S; YE, G; ZHAO, X. Factors affecting head rice yield and chalkiness in *indica* rice. **Field Crops Research**, 172, 1-10. 2015.

ZHONG, X.H; PENG, S.B; SANICO, A.L; LIU, H.X. Quantifying the interactive effect of leaf nitrogen and leaf area on tillering of rice. **J. Plant Nutr.** 26 (6), p. 1203–1222. 2003.

ZHU, C. L; SHEN W. B; ZHAI H. Q; WAN J. M. Advance in researches of the application of low-amylose content rice gene for breeding. **Scientia Agricultura Sinica**, 37, p. 157–162, 2004.

ZHU, H. J; CHENG, F. M; WANG, F; ZHONG, L. J; ZHAO, Y. C; LIU, Z. H. Difference in amylose content variation of rice grains and its position distribution within a panicle

between two panicle types of japonica cultivars. **Chinese J Rice Sci**, 18(4): p. 321-325. 2004.

ZHU B H, XU X J, XU Y F, XU J F, SHI S J, ZHANG Q, ZHANG Y F. Effects of nitrogen application rate on grain yield and quality of mechanical transplanting japonica rice Wuyunjing 27. **China Rice**, 21, 63–66. 2015.

ZHU et al. Effects of nitrogen level on yield and quality of *japonica* soft super rice. **Journal of Integrative Agriculture**, 16(5): p. 1018–1027. 2017.

ZHU, D.; ZHANG, H.; GUO, B.; XU, K.; DAI, Q.; WEI, C.; ZHOU, G.; HUO, Z. Effects of nitrogen level on structure and physicochemical properties of rice starch. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 525–532, 2017.