

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**  
**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**LEONARDO WAGNER BRANDLI**

**MANEJO DA SUPRESSÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO EM ARROZ IRRIGADO**

**Itaqui, RS, Brasil**

**2024**

**LEONARDO WAGNER BRANDLI**

**MANEJO DA SUPRESSÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO EM ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke

**Itaqui, RS, Brasil**

**2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pela autora através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais)

A481o Brandli, Leonardo Wagner

Manejo da supressão da lâmina de irrigação em arroz irrigado /  
Leonardo Wagner Brandli. – 2024.

42 p.

Orientador: Glauber Monçon Fipke

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade  
Federal do Pampa, AGRONOMIA, Campus Itaqui, 2024.

1. Literatura. 2. Clássicos literários. 3. Autores brasileiros. I. Fipke,  
Glauber Monçon. II. Seletividade de trigo Clearfield® a imidazolinonas e  
eficácia no controle de plantas daninhas.

**LEONARDO WAGNER BRANDLI**

**MANEJO DA SUPRESSÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO EM ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: dia, mês e ano.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke

Orientador

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Me. Gil Cunegatto Marques Neto

Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA

---

Me. Rodrigo Trindade Pinheiro

Técnico Administrativo em Educação - UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir ter saúde para que eu pudesse correr atrás dos meus objetivos.

Agradeço a minha família por sempre estar do meu lado, sempre me auxiliando e apoiando. Em especial, meu pai Conceição, que nunca mediu esforços para me ajudar e me passar tudo que ele sempre quis de melhor pra mim. Um homem ao qual eu admiro pelo carácter e força de vontade.

Minha avó Nara Manente, mulher a qual eu admiro pelo tanto que fez e faz por mim sem nunca medir esforços.

Agradeço ao meu orientador que me acompanhou e orientou durante a condução do experimento e escrita do trabalho. Alguém que além da relação entre professor e aluno, considero um amigo que a universidade me proporcionou.

Aos meus colegas Amanda Marques, Adriano Lourival, Dionatan Goulart, Natália Scheffer, Geovana Azolin, William Zimmermann. Em especial a Amanda, que embora tenhamos momentos de discussão, crescemos de forma constante durante esse período.

Aos meus familiares e amigos que sempre me apoiaram durante a graduação. E que em momentos específicos tiveram grande peso durante esse período. Eduarda Brandli, Elenice Brandli, Pamela Manente, Rebeca, Carlos Brandli.

Muito obrigado a todos!

“Aqueles que semeiam com lágrimas, com cantos de alegria colherão”.

Salmo 126: 5-6

## RESUMO

O arroz é um dos principais cereais cultivados e consumidos globalmente, com destaque para o continente asiático, maior produtor e consumidor do grão. O trabalho tem como objetivo principal avaliar os efeitos da supressão antecipada da lâmina de irrigação sobre os caracteres agrônômicos da cultura do arroz irrigado, especificamente sobre o genótipo IRGA 424 RI. Avaliando os componentes de produtividade, massa de mil sementes, qualidade física dos grãos, como gessados, inteiros e quebrados, qualidade fisiológica das sementes e recomendar o melhor manejo de supressão para condições semelhantes às do experimento. No primeiro ano, os períodos de supressão foram de 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a floração (DAF), tendo no segundo ano agrícola os mesmos períodos de supressão acrescidos de 42 DAF. Em complemento para ambos anos agrícolas, foi considerado um tratamento controle mantendo a lâmina de irrigação até a colheita. Perante os resultados, o primeiro ano agrícola, a colheita da cultivar foi aos 121 dias após semeadura, influenciando significativamente a produtividade e a qualidade física dos grãos, com maior porcentagem de grãos inteiros. E no segundo ano, a colheita se deu aos 138 dias, tendo significância para porcentagem de grãos picados e manchados. No primeiro ano agrícola (2021/22), a supressão recomendada para o máximo potencial produtivo foi aos 36 DAF, período posterior ao estágio R6 que a literatura indica para o início da supressão. Para o segundo ano agrícola (2022/23), a porcentagem de grãos picados e/ou manchados apresentou influência negativa quando há supressão antecipada da lâmina de irrigação, indicando a máxima eficiência aos 49 DAF (0,66%). Conforme o resultado deste trabalho podemos considerar que não é aplicável de forma generalizada sobretudo para genótipos com as mesmas características de ciclo e potencial produtivo do cultivar que aqui foi utilizado (IRGA 424 RI), bem como, sobre as e condições de cultivo aqui impostas.

Palavras-Chave: água, *Oryza sativa* L., qualidade fisiológica de sementes, rendimento de grãos.

## ABSTRACT

Rice is one of the main cereals cultivated and consumed globally, with emphasis on the Asian continent, the largest producer and consumer of the grain. The main objective of the work is to evaluate the effects of early suppression of the irrigation depth on the agronomic characters of the irrigated rice crop, specifically on the IRGA 424 RI genotype. Assessing productivity components components, mass of a thousand seeds, physical quality of the grains, such as plastered, whole and broken, physiological quality of the seeds and recommend the best suppression management for conditions similar to those of the experiment. Conducted under the conditions of the experimental teaching area of the Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui- RS, during the agricultural years 2021/2022 and 2022/2023, using the cultivar IRGA 424 RI. A randomized block design with three replications was used, with treatments arranged equidistantly every 7 days after flowering (DAF). In the first year, the suppression periods were 7, 14, 21, 28 and 35 DAF, with the same suppression periods in the second agricultural year plus 42 DAF. They consider a control treatment, killing the irrigation depth until harvest, for both years. The results showed that, in the first agricultural year, the cultivar's cycle was 121 days, significantly influencing the productivity and physical quality of the grains, with a higher percentage of whole grains. In the second year, with a cycle of 138 days, there was significance for the percentage of chopped and stained grains. In the first agricultural year (2021/22), the recommended suppression for maximum productive potential was 36 days after flowering (DAF), the period after the R6 stage, the moment indicated for the beginning of suppression. For the second agricultural year (2022/23), the percentage of chopped and/or stained grains showed a negative influence when there is early suppression of the irrigation depth, indicating maximum efficiency at 49 DAF (0.66%). According to the results of this work, we can consider that it is not generally applicable, especially for genotypes with the same cycle characteristics and productive potential as the cultivar used here (IRGA 424 RI), as well as the cultivation conditions imposed here.

Keywords: water, *Oryza sativa* L., physiological seed quality, grain yield.





## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Temperatura do ar média máxima, mínima e soma da precipitação mensal durante os meses de setembro a abril nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B). Fonte INMET. Uruguaiana, RS, Brasil..... 23
- Figura 2: Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a produtividade de grãos e massa de mil grãos nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B). Itaquí, RS, Brasil..... 28
- Figura 3: Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre o rendimento de grãos, porcentagem de grãos inteiros e quebrados. Grãos oriundos do experimento realizado nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B). Itaquí, RS, Brasil..... 30
- Figura 4: Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a porcentagem de grãos gessados e/ou verdes e de picados e/ou manchados Grãos oriundos do experimento realizado no ano agrícola 2022/23. Itaquí, RS, Brasil..... 31
- Figura 5: Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem e de germinação. Sementes oriundas do experimento realizado no ano agrícola 2021/22. Itaquí, RS, Brasil..... 33
- Figura 6: Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre parâmetros de vigor das plântulas no teste de primeira contagem de germinação. Sementes oriundas do experimento realizado no ano agrícola 2021/22. Itaquí, RS, Brasil..... 34

## LISTA DE ABREVIATURAS

cm - Centímetro

cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> - Centímol por decímetro cúbico

g - Gramas

g ha<sup>-1</sup> - Gramas por hectare

g/ Kg - Gramas por quilograma

g/ L - Gramas por litro

g/ m<sup>2</sup> - Gramas por metro quadrado

Kg ha<sup>-1</sup> - Quilograma por hectare

Kg/ hl - Quilograma por hectolitro

m<sup>2</sup> - Metro quadrado

mg dm<sup>3</sup> - Miligrama por decímetro cúbico

ml ha<sup>-1</sup> - Mililitro por hectare

m/ v - Massa-volume

DAS - Dias após supressão

DAR4 - Dias após R4

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1. Objetivo geral.....	14
1.2. Objetivos específicos.....	14
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1. Arroz no Sul do Brasil.....	15
2.2. Qualidade de grãos.....	15
2.3. Manejo da irrigação.....	16
2.4. Supressão da irrigação.....	18
2.5. Fatores que influenciam no manejo da supressão.....	19
2.5.1. Solo.....	19
2.5.2. Clima.....	19
2.5.3. Genótipo.....	20
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Descrição do local.....</b>	<b>22</b>
3.2. Manejo geral de campo.....	23
3.3. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	24
3.4. Variáveis analisadas.....	25
3.4.1. Experimento em condições campo.....	25
3.4.2. Experimento em condições controladas atestando a qualidade de sementes.....	25
3.5. Análise estatística.....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
4.1. Experimento em condições campo.....	27
4.2. Experimento em condições controladas atestando a qualidade de sementes..	32
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos principais cereais cultivados e consumidos em todo o mundo, sendo o continente asiático o maior produtor e consumidor desse cereal devido aos hábitos alimentares e culturais da região. O grão é acessado por diferentes níveis socioeconômicos, sejam de elevado ou baixo poder aquisitivo, o que destaca sua importância não apenas na alimentação, mas também no papel econômico ao gerar renda e emprego nas etapas de produção, industrialização e logística.

A produção de alimentos, tanto no Brasil quanto no mundo, é essencial para garantir a segurança alimentar da população. Além disso, é crucial que essa produção aumente de forma sustentável para atender à crescente demanda por alimentos, que acompanha o crescimento populacional global.

O cultivo do arroz, em particular, demanda uma quantidade significativa de água doce para irrigação. Água que é geralmente proveniente de mananciais, reservatórios artificiais, rios e lagos. Diante disso, torna-se fundamental adotar práticas sustentáveis de manejo da água que garantam a eficiência e economia no uso desse recurso.

Visto a necessidade, existem algumas alternativas visando reduzir a demanda de água e aumentar a eficiência no uso desse recurso em lavouras orizícolas. É importante frisar que cada possibilidade deve ser analisada e implementada de acordo com a realidade de cada região, pois há grande diversidade de sistemas de cultivo. Dentre essas alternativas destacam-se: o uso de genótipos de menor ciclo, a adoção de semeadura no início da época prevendo o aproveitamento das chuvas, a adoção de do método de irrigação de maneira intermitente, irrigação por aspersão, dentre outras. Uma das formas que se julga mais simples de ser implementada pois impacta em poucas mudanças no sistema de irrigação feito na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul é realizar a supressão da lâmina de irrigação de forma antecipada.

A supressão da lâmina de irrigação refere-se a uma alternativa de manejo da irrigação, com a prática de interromper o fornecimento da água e/ou o bombeamento da mesma para dentro das lavouras. Nesse contexto, a supressão antecipada da irrigação visa economizar água, otimizar o seu uso e reduzir os custos com o bombeamento sem afetar a produtividade e qualidade da produção de grãos. Nisso,

o momento para se fazer a supressão deve-se ser decidido a partir da análise e consideração das características de cada sistema e local de cultivo, onde o tipo de solo, clima e as necessidades de cada material cultivado, sejam cultivares ou híbridos, influenciam na tomada de decisão para a supressão.

### **1.1. Objetivo geral**

Avaliar os efeitos da supressão antecipada da lâmina de irrigação sobre os caracteres agrônômicos da cultura do arroz irrigado.

### **1.2. Objetivos específicos**

Verificar a influência sobre os componentes de produção (massa de mil sementes e produtividade de grãos) do arroz.

Atestar a qualidade fisiológica (teste de primeira contagem, germinação e comprimento de plântulas e raízes) das sementes oriundas de áreas que passaram por supressão da irrigação

Quantificar os parâmetros de qualidade dos grãos (gessados, inteiros e quebrados)

Recomendar qual o melhor manejo de supressão para condições semelhantes às do experimento.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Arroz no Sul do Brasil**

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, estando presente na alimentação de 3 bilhões de pessoas. O Brasil, em escala mundial, ocupa o 11º lugar no ranking em área cultivada e produção (FAO, 2022). O Brasil cultivou no ano agrícola, 2022/23, uma área de 1.176,3 milhões de hectares com produção total de 9,2 mil toneladas. Sendo destaque a região Sul do Brasil, com 1.028,3 milhões de hectares, que representaram 87,4% do total cultivado no país. Se tratando do estado do Rio Grande do Sul (RS), é o estado dentro da região Sul, com maior área cultivada, responsável por 83,8% da região, seguido pelo estado de Santa Catarina (SC) que detém 14,2% (CONAB, 2022; 2023).

O setor orizícola na região Sul do Brasil, caracteriza-se pela produção em sistemas de várzeas, onde tradicionalmente a irrigação é feita por inundação permanente (Gomes; Magalhães Jr, 2004). Sistema que representa 75% da produção nacional (Santos, 2021). Sendo que dentro da produção orizícola existem variações sobre os sistemas de cultivo adotados, o que pode variar em relação à forma e época de preparo do solo. Os principais sistemas utilizados, são o convencional, cultivo mínimo, plantio direto, pré-germinado e o transplante de mudas (SOSBAI, 2022).

O sistema convencional é caracterizado pelo uso de equipamentos pesados para o preparo de solo que é feito em duas etapas. Preparo primário para incorporação e eliminação da cobertura vegetal e preparo secundário para o nivelamento do solo. Como alternativa de reduzir os elevados custos de produção e a degradação dos solos, surgem alternativas de cultivo como o plantio direto e cultivo mínimo (Gomes; Magalhães Jr, 2004).

### **2.2. Qualidade de grãos**

A qualidade dos grãos é a principal característica que precifica o produto quando negociado pelo produtor na indústria. Se destacando o rendimento do grão, porcentagem de inteiro, quebrados e os defeitos, como gessados e/ou verdes e picados e/ou manchados (Elias et al., 2013). No que se refere à qualidade dos grãos, a Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009, dispõe as normas para identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz. Onde o

rendimento do grão é definido como o percentual em peso, de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultantes do beneficiamento do arroz. Assim sendo feito o sistema de comercialização por classes e tipos, levando em consideração fatores de qualidade juntos à impureza, padrão do produto, condições sanitárias e pureza (Brasil, 2009).

O potencial de rendimento dos grãos é desenvolvido durante a fase vegetativa e reprodutiva. Porém, o rendimento final é definido pelo acúmulo de amido, determinado durante a formação e enchimento dos grãos. Durante o período de enchimento à maturação, a radiação solar é o fator que mais tem influência para a obtenção de elevados rendimentos. Temperaturas abaixo da faixa ótima afetam as reações de fixação de CO<sub>2</sub> da fotossíntese, que resultam na redução do rendimento. Temperaturas elevadas afetam o rendimento, podendo reduzir o mesmo, pela respiração intensiva dos grãos e elevado consumo de energia pelas plantas (Cruz, 2010).

Sobre as plantas, Zhong e Huang (2005) indicam que, se bem nutridas e com bom desenvolvimento radicular, podem reduzir a formação de grãos gessados e conseqüentemente resultar em melhor qualidade. Por fim, se o manejo da água por ocasião for deficiente, esse é um fator que contribui para a redução do peso de grãos, quantidade de inteiros, produtividade e aumento do teor de gesso (Huang et al., 2008).

A colheita com elevado teor de umidade pode elevar o percentual de grãos ainda considerados verdes, gessados e ainda não formados por sua totalidade, sendo esses mais suscetíveis à quebra, reduzindo a quantidade de inteiros (Capurro et al., 2012). No entanto, a colheita com o teor de umidade abaixo dos limites ideais, 20 e 24% (SOSBAI, 2022), eleva a suscetibilidade ao degrane natural, perdas por injúrias de pássaros e pragas e, em consequência, a redução do rendimento de inteiros (Ribeiro et al., 2004). O baixo teor de umidade pode também ocasionar fissuras nos grãos, o que acarreta quebra e elevação da proporção de quebrados (Smiderle et al., 2008).

### **2.3. Manejo da irrigação**

O cultivo do arroz irrigado é por vezes pauta em relação à conservação da água por ser um dos cultivos que mais demanda água, se tratando do volume total requerido durante o seu ciclo de desenvolvimento (Noldin et al., 2001; Machado et



al., 2006). A manutenção da água na lavoura durante o desenvolvimento da cultura, demanda uma fração de práticas para o manejo da irrigação, todas consideráveis quando a referência é viabilidade econômica, ou estabelecimento e desenvolvimento da cultura (Gomes; Magalhães Jr, 2004).

O volume total de água necessário durante o ciclo do cultivo é o somatório do volume para saturar o solo, formar a lâmina, compensar o volume transpirado pelas plantas e repor as perdas por evaporação, fluxo lateral e percolação (Stone, 2005). O volume final de água necessário depende de fatores do clima, solo, relevo, manejo e sistema de cultivo. Além das características dos canais de irrigação, como distância desses da fonte até as lavouras (Gomes et al., 2008).

Machado et al., (2006) concluíram que a eficiência do uso da água em sistema de cultivo mínimo fica em torno de 1,48 m<sup>3</sup> de água para produzir um Kg de grãos em casca. E de acordo com as recomendações técnicas (SOSBAI, 2022), o volume médio de água necessário fica cerca de 6 a 12 mil m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, podendo variar com o ciclo do material e aspectos relacionados ao local de cultivo.

Um dos cuidados para qualidade da água, é o estresse salino, que pode afetar o desenvolvimento das plantas por consequência da redução do potencial osmótico da solução do solo ou pelo acúmulo de íons tóxicos (Tester; Davenport, 2003). A suscetibilidade ao estresse salino e suas implicações na planta são dependentes de fatores intrínsecos ligados à espécie, genótipo, estágio fenológico da planta, intensidade e duração do estresse (Rhoades et al., 1992).

O início da irrigação em sistema de semeadura em solo seco, para formação e estabelecimento da lâmina de água, é feito no início do perfilhamento das plantas V3 (Couce et al., 2000), logo após a primeira aplicação de nitrogênio em cobertura, o que evita maiores perdas de nitrogênio (N) por volatilização (Meus et al., 2020). Também se feito em época adequada, a formação da lâmina de água, serve como uma prática cultural para o controle de novos fluxos de emergência de plantas daninhas (Gomes et al., 2005). Onde a irrigação e a fertilização nitrogenada devem ser realizadas nas épocas apropriadas, por serem fatores fortemente relacionados com o bom desenvolvimento das plantas (Santos et al., 2017).

## 2.4. Supressão da irrigação

A supressão da lâmina de irrigação de forma antecipada é uma das estratégias que contribui para o menor período do fornecimento de água, elevando a eficiência do uso da mesma e reduzindo os custos (Gomes et al., 2008). Pelo elevado volume de água utilizado, é importante identificar momentos de maior suscetibilidade ao déficit, de maneira a permitir alternativas para melhor uso e eficiência da água sem comprometer a produção e qualidade (Miorini; Saad; Menegale, 2011).

As plantas de arroz apresentam diferentes graus de susceptibilidade ao déficit hídrico ao decorrer do seu desenvolvimento, a grande maioria dos orizicultores mantêm a irrigação até a colheita, podendo não ser de grande exigência (EMBRAPA, 2008). Alternativas como a escolha de genótipos de menor ciclo, semeadura no início da janela recomendada (Sartori et al., 2013), o tipo de sistema de irrigação utilizado (Yao et al., 2012; Zhang et al., 2012), intermitência da irrigação (Pascual; Wang, 2017) e supressão da lâmina de irrigação de forma antecipada (Yang et al., 2019), são possibilidades de alcançar melhor eficiência do uso da água.

Existem descrições de que o método intermitente já tenha sido adotado há muitos anos, principalmente em países asiáticos, como um manejo para redução da demanda de água (Bouman; Tuong, 2001). Tal manejo, junto ao método de supressão da irrigação de forma antecipada, trazem vantagens de forma indireta descritas por autores, como o controle de insetos vetores, diminuição dos teores de  $Fe^{2+}$  (Becker; Asch, 2005; Scivittaro; Gomes, 2007), pode mitigar as emissões de metano ( $CH_4$ ), com posterior drenagem e oxidação do solo (Tyagi; Kumari; Singh, 2010), elevação do sequestro de carbono (C) (Yao et al., 2012) e melhor eficiência do uso da água sem perdas de qualidade de grãos (Belder et al., 2004; Cabangon et al., 2004; Ye et al., 2013; Shao et al., 2014). A supressão antecipada, além de reduzir o período de bombeamento para as lavouras, facilita o momento de colheita e retirada do produto da lavoura e reduz os efeitos da compactação da superfície do solo (Gomes et al., 2008).

Dentre as recomendações técnicas da cultura, a supressão do fornecimento de água pode ser iniciada quando a maior parte dos grãos atingirem estado pastoso. É ressalvo que esse momento pode variar, em uma ampla faixa, de acordo com as condições do ambiente de produção, em especial à condições edáficas (SOSBAI, 2022).

## **2.5. Fatores que influenciam no manejo da supressão**

### **2.5.1. Solo**

O armazenamento de água pelo solo é um importante fator a ser considerado para a exigência das plantas bem como para o planejamento, dimensionamento e manejo da água (Frizzone et al., 2005). Determinar a capacidade de retenção de água de um solo, permite avaliar o potencial de água existente naquele solo e a faixa de água disponível às plantas (Costa et al., 2008).

Outro ponto, é a infiltração de água, quando a água percola em sentido transversal a partir da superfície do solo (Silva et al., 2017). É dada a importância do conhecimento sobre a taxa de infiltração e a velocidade de infiltração para o manejo do solo, irrigação e relações com as propriedades físicas do solo (Souza; Alves, 2003). Em especial a textura do solo, a qual relaciona a relação entre partículas de areia, silte e argila, por terem influência direta na dinâmica da água (Stefanoski et al., 2013).

Quando a lavoura orizícola é conduzida em áreas de solos argilosos é possível suprimir a irrigação em torno de 10 a 15 dias após o pleno florescimento das plantas e em solos arenosos é preciso postergar o momento da supressão (SOSBAI, 2022).

### **2.5.2. Clima**

O Estado do Rio Grande do Sul, se localiza em uma latitude favorável aos fenômenos de clima e tempo, como frentes frias e o fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) (Cera; Ferraz, 2015). Frentes frias, consideradas como fenômenos de escala sinótica, passam de forma regular sobre o estado favorecendo boa distribuição espacial das chuvas (Cera; Ferraz, 2007). Sendo El Niño a fase quente e La Niña a fase fria (Kayano et al., 2009). Sendo identificado por Berlato e Fontana (2003), que essas fases têm influência direta na variabilidade das chuvas no Sul e no Sudeste do Brasil.

Assim, em anos que se dispõe de maiores índices de precipitação pluvial a decisão por suprimir a irrigação de maneira antecipada pode não afetar o rendimento da cultura. Primeiramente, devido ao efeito compensatório das chuvas

em favor de repor o conteúdo de água que evapora da lâmina de irrigação. Sobretudo, esse fato será evidenciado dependendo da regularidade destas precipitações pluviais (Tuong e Bouman, 2003; Molden; Oweis, 2007).

### **2.5.3. Genótipo**

Como atestado por Roshan et al., (2013), alguns genótipos não sofrem alterações sobre o potencial produtivo, porém em outros, pode-se haver perda de potencial devido a supressão antecipada. Como por exemplo, híbridos que podem ser sensíveis ao déficit hídrico (Liu et al., 2011; Chen et al., 2004).

Para Praba et al., (2009); Roshan et al., (2013), o híbrido INOV CL (RICETEC®), não apresentou perda de produtividade significativa, em contraponto com a cultivar Puitá INTA CL (BASF®), que apresentou menor produtividade com supressão logo após a antese. Sendo que o resultado ao déficit hídrico oscila de acordo com características intrínsecas de cada material cultivado.

O ciclo de desenvolvimento dos materiais, pode resultar em respostas distintas à supressão da irrigação, devido às características fenológicas. Genótipos de ciclo longo, por terem um período vegetativo mais extenso, conseqüentemente apresentam maior desenvolvimento radicular, explorando melhor o perfil do solo em busca de água, o que pode mitigar parcialmente os efeitos da supressão da irrigação (Fageria, 2006). Por outro lado, genótipos de ciclo precoce, com um desenvolvimento mais rápido, são mais suscetíveis ao estresse hídrico, pois possuem sistemas radiculares menos profundos com menor capacidade de explorar os recursos hídricos do solo (Yoshida, 1981).

Outro fator de influência são os genótipos tolerantes ao déficit hídrico que permitem a manutenção ou menor perda da produtividade sob condições de estresse hídrico. Sistemas radiculares mais profundos e eficientes na extração de água, além de mecanismos fisiológicos que minimizam a perda de água através da transpiração, são características intrínsecas que permitem a ocorrência dessa maior resistência (Dixit et al., 2014). Esses genótipos, quando submetidos à supressão da irrigação, tendem a mostrar uma resiliência maior comparada aos genótipos convencionais, devido à sua capacidade de utilizar eficientemente a umidade residual do solo e de se adaptar às variações na disponibilidade de água (Henry et al., 2011). Conforme destacado por Tuong e Bouman (2003), a seleção e o uso de

genótipos tolerantes à seca, também se torna uma alternativa possível para melhorar a sustentabilidade da produção em situações de escassez hídrica.

### 3. METODOLOGIA

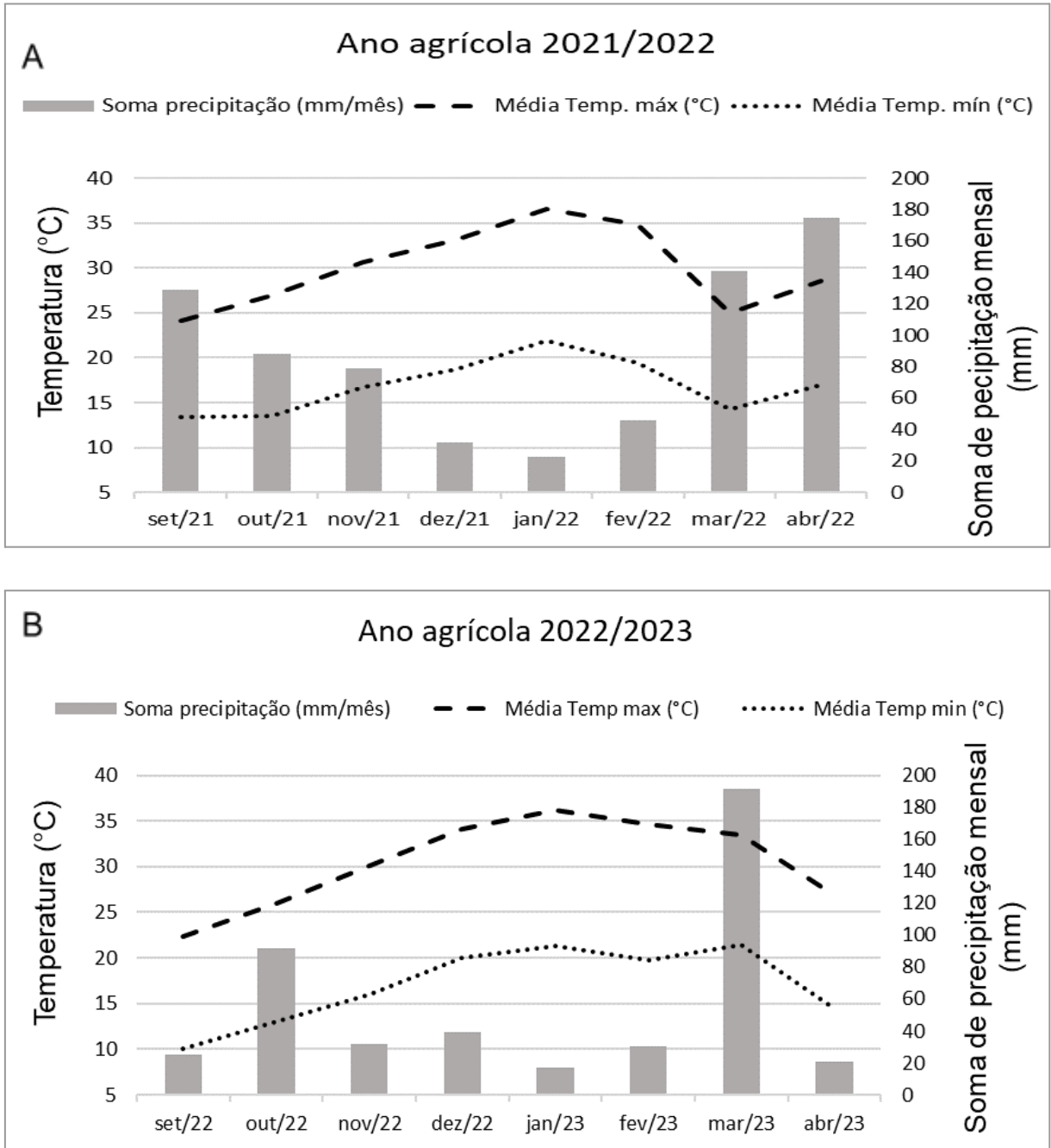
#### 3.1. Descrição do local

O trabalho foi conduzido sob condições de campo durante os anos agrícolas de 2021/22 e 2022/23. Em ambos os anos, o experimento foi realizado na área didática e experimental da Unidade Federal do Pampa, na cidade de Itaqui, RS (Latitude 29° 09' 21.68" S; longitude 56° 33' de de 74 m), utilizando o genótipo IRGA 424 RI.

Com clima subtropical sem estação seca definida (Brandolt, 2019). Solo classificado como Plintossolo Argilúvico Distrófico (Santos et al., 2018). O solo apresenta as seguintes características químicas, analisadas em profundidade de 0-20 cm, por ocasião da implantação do primeiro e segundo cultivos de arroz, respectivamente: Argila 17%; pH (H<sub>2</sub>O) 6,3; Índice SMP 6,8; P (m g/dm<sup>3</sup>) 23; K (m g/dm<sup>3</sup>) 54; M.O. (%) 1,6; Al (cmolc/dm<sup>3</sup>) 0,00; Ca (cmolc/dm<sup>3</sup>) 6,4 e Mg (cmolc/dm<sup>3</sup>) 2,6; CTC<sub>PH 7,0</sub>, 11,3.

O total acumulado de precipitações durante os meses de setembro a abril, na cidade de Uruguaiana-RS, localidade mais próxima com os dados relevantes, no período estimado para os anos agrícolas de 2021/22 e 2022/23, foi de 570,6 mm e 426,6 mm, respectivamente. Além disso, as temperaturas médias máximas foram de 27,9 °C e 31,2 °C, enquanto as temperaturas médias mínimas foram de 16 °C e 16,7 °C.

**Figura 1:** Temperatura do ar média máxima, mínima e soma da precipitação mensal durante os meses de setembro a abril nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B).  
Fonte INMET. Uruguaiana, RS, Brasil.



### 3.2. Manejo geral de campo

O sistema de cultivo utilizado para o experimento foi o sistema convencional, com preparo inicial com implementos mais pesados e preparo secundário do solo,

com operações superficiais, para aplainamento e suavização do terreno a fim de nivelar a superfície do solo. Por fim, a construção das taipas com sete meses de antecedência à semeadura.

O genótipo utilizado foi o IRGA 424 Ri, uma cultivar de ciclo de médio, com características de tolerância à toxidez por excesso de ferro no solo e a resistência à brusone, juntamente com qualidade dos grãos e elevado potencial.

O controle das plantas daninhas foi realizado previamente à semeadura com manejo de dessecção, utilizando glifosato, herbicida sistêmico e de ação total, com o objetivo de eliminar as plantas daninhas emergidas e as plantas de arroz voluntárias. A semeadura e adubação de base foram realizadas com semeadora mecânica de fluxo contínuo, nos dias 20/11/2021 e 10/11/2022. Com densidade de 100 kg de sementes e 250 Kg da fórmula comercial de fertilizante 05-20-20, por hectare, totalizando 12,5 kg de N ha<sup>-1</sup>; 50 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 50 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, na linha de semeadura.

Antecipadamente ao início da irrigação, com as plantas no início do perfilhamento, estágio V3 (Counce et al., 2000), foi realizada a primeira adubação nitrogenada em cobertura sobre o solo seco, realizada na proporção de 150 kg ha<sup>-1</sup> de Uréia (45% N), representando 67,5 Kg ha<sup>-1</sup> de N. A inundação permanente dos quadros ocorreu nos dias 10/12/2021 e 01/12/2022, logo após a aplicação do fertilizante nitrogenado, evitando perdas por volatilização. Foram realizadas aplicações inseticidas para o controle de percevejo do grão (*Oebalus poecilus*) em dois momentos pela pressão de insetos e aplicação de fungicida com o objetivo principal de controle de manchas foliares em geral e Falso-carvão (*Ustilaginoidea virens*), feito em dois momentos com intervalo entre aplicações de 15 dias, rotacionando os ingredientes ativos para cada aplicação. Os demais tratamentos seguiram as recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2022).

### **3.3. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos**

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições (blocos). Os tratamentos foram conduzidos em branco até o momento de florescimento pleno das plantas (R4), onde que de forma equidistantemente os tratamentos foram arrançados a cada 7 dias após a floração (DAF), estágio R4



(Counce et al., 2000), com 50% das plantas em pleno florescimento. Cada tratamento sofreu a supressão do fornecimento e posteriormente a retirada forçada da água dos seus respectivos quadros de irrigação. Para o primeiro ano agrícola, houve supressão com 7, 14, 21, 28, 35 DAF e no segundo ano agrícola houve os mesmos períodos de supressão acrescidos de 42 DAF. Para ambas as ocasiões, também foi considerado um tratamento controle, onde a água foi mantida até a colheita, com o objetivo principal de servir como testemunha e comparar os resultados com os tratamentos que tiveram a supressão. Devido à interação climática entre os anos agrícolas, foi constatada uma diferença de ciclo, quando comparado o segundo com o primeiro ano agrícola do trabalho.

### **3.4. Variáveis analisadas**

#### **3.4.1. Experimento em condições campo**

De cada parcela, foram coletadas 3 linhas com espaçamento de 0,17 metros por 4 metros de comprimento, representando área útil de 2,04 m<sup>2</sup>. As sementes colhidas foram submetidas à secagem natural para correção da umidade até atingirem 13% de umidade. Foi estimada a produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>). A massa de mil grãos (MMS, g) foi estimada a partir da contagem de 100 sementes com três repetições.

Para avaliação da qualidade física dos grãos foi utilizado de uma amostra representativa de 100 g de grãos em casca e já secos, que foram descascados e polidos com auxílio de um equipamento do tipo “mini-engenho”, onde foi determinado o rendimento de grãos (REND, g), a percentagem de grãos inteiros (INT, g), quebrados (QUEB, g) e a percentagem de defeitos, como o percentual de gessados e/ou verdes e de picados e/ou manchados.

#### **3.4.2. Experimento em condições controladas atestando a qualidade de sementes**

A partir da população de sementes provenientes do primeiro ano de experimento de campo, foram realizados os testes de qualidade fisiológica das sementes.

O teste de primeira contagem de germinação (TPCG, %) foi realizado a partir de 50 sementes por repetição, separadas representativamente, tendo três repetições

para cada tratamento. O papel germitest é umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do mesmo e logo após, confeccionados em forma de rolos e mantidos em germinador. Os papéis junto às sementes são mantidos em uma câmara de germinação com temperatura entre 20 °C e 30 °C e umidade controlada. Após 5 e 14 dias, faz-se a primeira e a segunda contagem respectivamente. Na primeira contagem, contam-se as sementes com raiz primária visível de pelo menos 2 mm e na segunda contagem corrige, contabilizando as plântulas normais com parte radicular e aérea desenvolvidas. A porcentagem de germinação é calculada para cada repetição e registrada, permitindo avaliar a qualidade das sementes entre cada tratamento.

Coletando dez plantulas na primeira contagem de germinação, consideradas normais, foi determinado o comprimento da radícula (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa verde de 10 plântulas (MVP), de acordo com as regras de análise de sementes (Brasil, 2009).

### **3.5. Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. O teste complementar para tratamentos quantitativos de regressão polinomial foi utilizado buscando um ajuste biologicamente possível (equações de 1º, 2º ou 3º grau). Utilizou-se o software Sisvar (Ferreira et al., 2011).

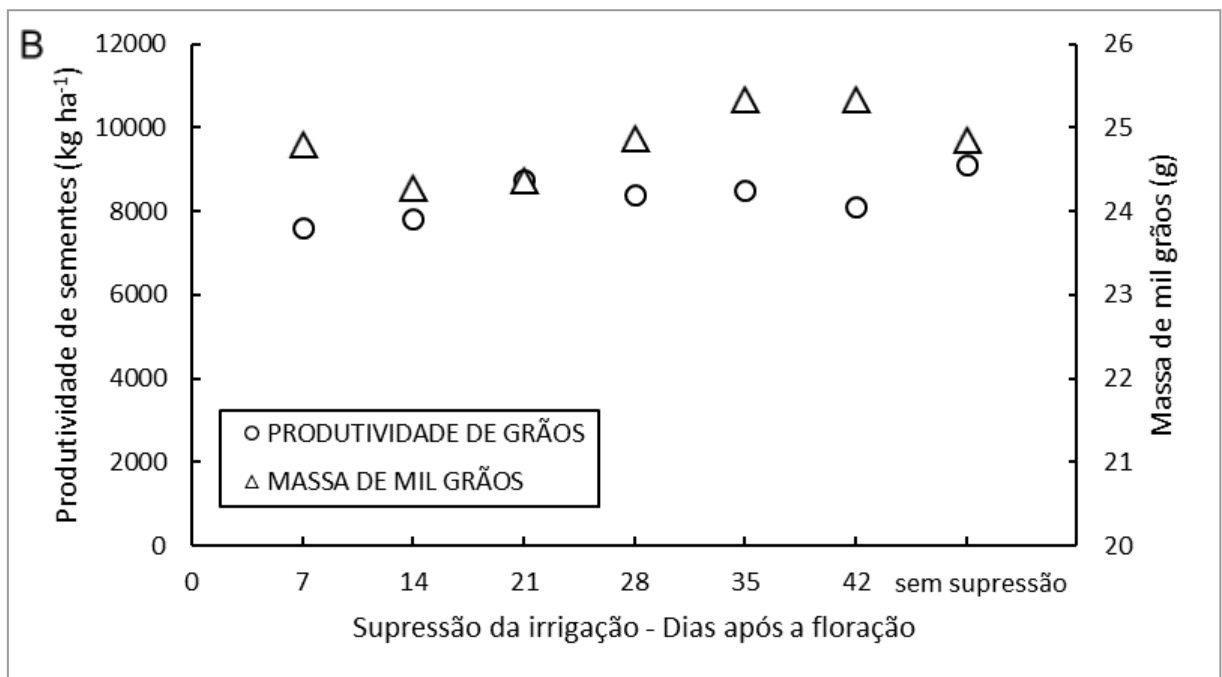
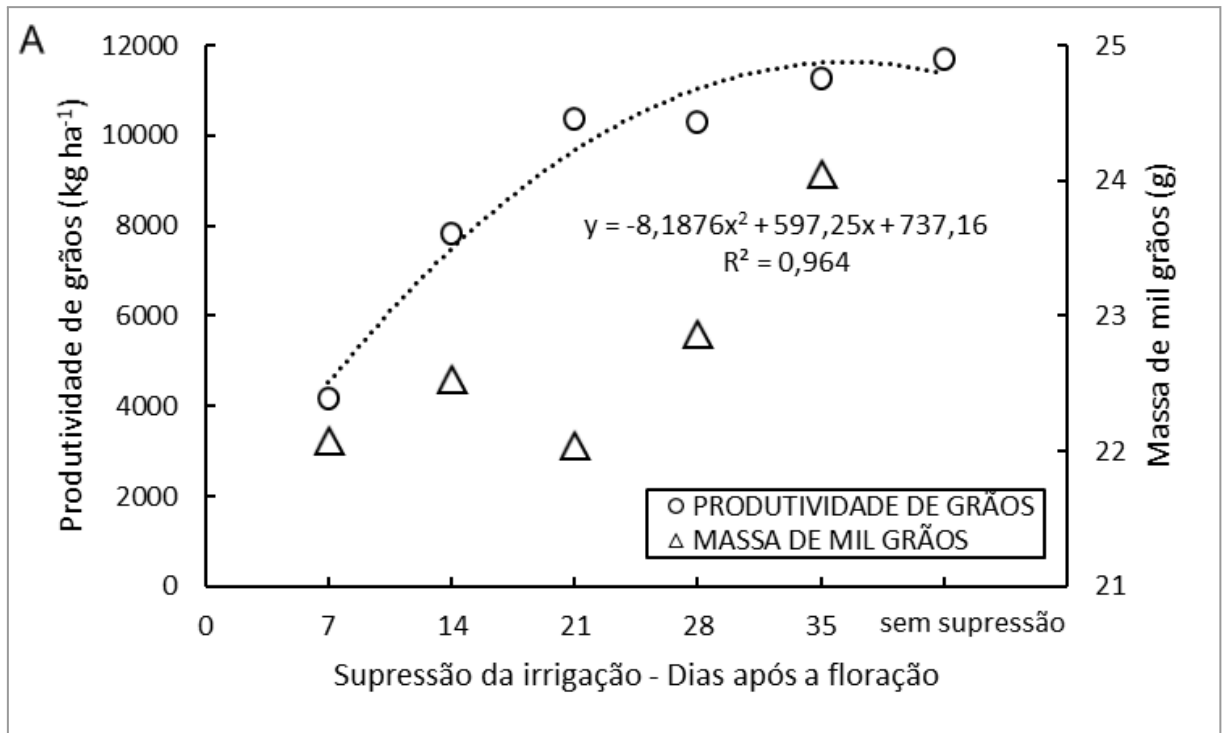
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano agrícola, 2021/22, o ciclo da cultivar utilizada foi de 121 dias, observando menor ciclo devido à data de semeadura mais tardia. Assim, se pode frisar a influência significativa para os parâmetros de produtividade e qualidade física dos grãos. Sendo a época de semeadura uma das práticas que mais influência no potencial produtivo, pela incidência do desenvolvimento reprodutivo com a época de maior disponibilidade de radiação solar, permitindo a obtenção de maiores produtividades (Menezes et al., 2012). Já para o segundo ano agrícola, 2022/23, o ciclo da cultivar utilizada foi de 138 dias e obteve-se redução da percentagem de grãos picados e/ou manchados. Os demais caracteres avaliados, em ambos os anos, não diferiram estatisticamente entre si pelo teste F ( $p > 0,05$ ).

### 4.1. Experimento em condições campo

Para produtividade de grãos do ano agrícola 2021/22 a supressão da irrigação entre os tratamentos se ajustou como uma equação quadrática, onde a supressão aos 36 DAF obteve a máxima eficiência técnica com  $11.628 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 2A). O mesmo foi observado por Pinto et al., (2016) quando o déficit na fase reprodutiva, R1 a R4+10 dias, promoveu queda da produtividade quando a deficiência hídrica supera os 20 KPa, seguido de quedas proporcionais com o aumento do déficit hídrico. Uma das possibilidades para a menor produtividade de grãos nos tratamentos com supressão logo após o florescimento, é a redução do número de espiguetas e aumento da esterilidade de grãos. Este fato é confirmado por Pinto et al., (2013) e Stone et al., (2005), que apontam que a fase reprodutiva, mais especificamente a floração, é mais sensível ao déficit hídrico.

**Figura 2:** Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a produtividade de grãos e massa de mil grãos nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B). Itaqui, RS, Brasil.

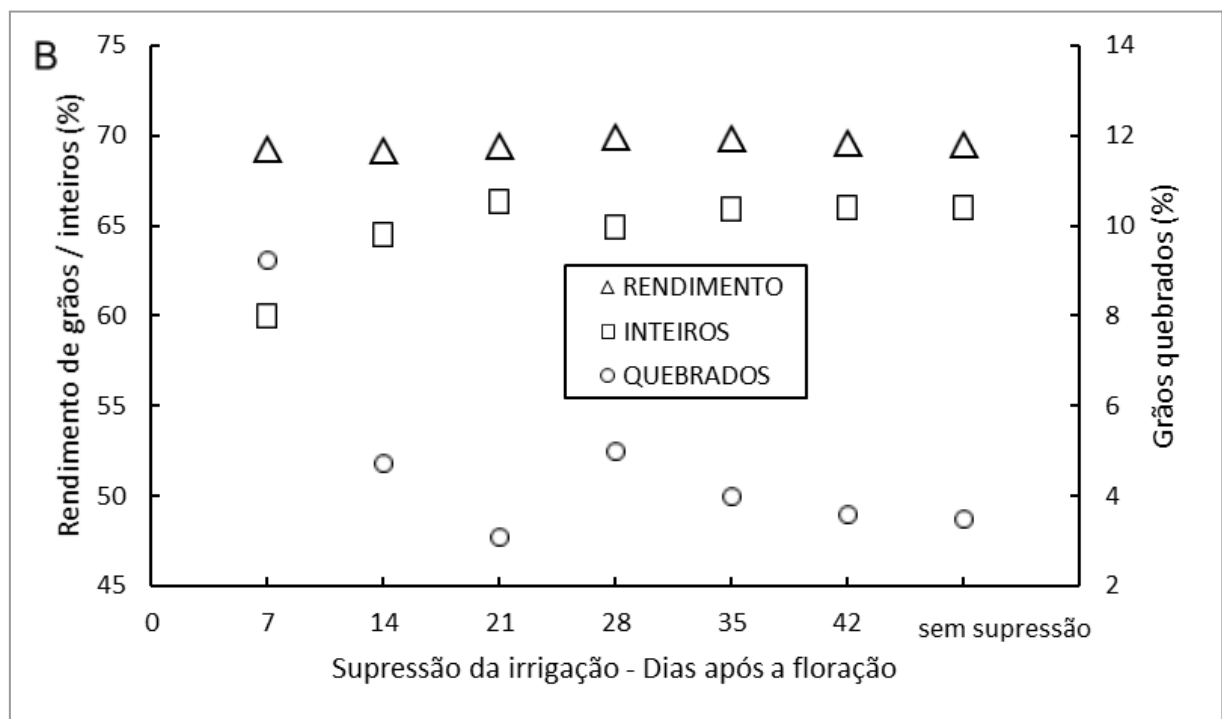
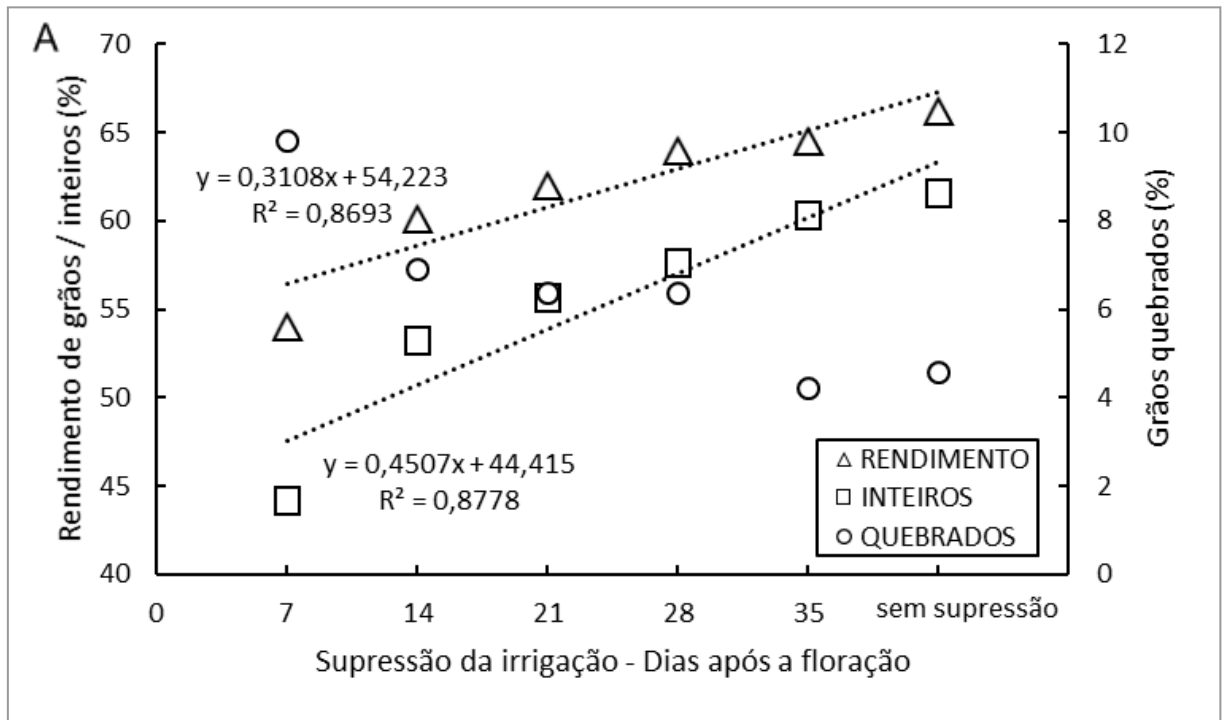


Para o ano agrícola 2022/23, a resposta da produtividade de grãos não diferiu estatisticamente, portanto, sendo representado pela média de 8.331 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2B). Em uma pesquisa também envolvendo períodos de supressão de irrigação, Londero et al., (2016) também não encontraram significância estatística ao utilizar um híbrido de arroz (INOV CL). Assim, supõe-se que genótipos que possuem elevado potencial produtivo, como o IRGA 424 RI e o INOV CL, o ano agrícola favorável quanto ao suprimento hídrico pelas chuvas poderá contribuir para que não haja influência em períodos de supressão.

No que diz respeito à massa de mil grãos, não foram observadas variações significativas em ambos os anos da pesquisa. A média para o ano agrícola de 2021/22 foi de 22,50 gramas, enquanto que para 2022/23, a média foi de 24,85 gramas (Figura 2A e 2B). Esses resultados estão em concordância com outros estudos que também não detectaram diferenças significativas na massa dos grãos, mesmo quando submetidos a diferentes tipos de manejo de irrigação (Londero et al., 2016; Luis, 2015). A definição da massa de grãos é bastante correlacionada com fatores genéticos, portanto, quando consideramos um mesmo genótipo será pouco provável que pequenas alterações no manejo influenciem esta variável. Porém, no caso deste trabalho as supressões ocorreram em no mínimo sete dias após a floração (R4). A massa de grãos é definida entre R4 e a maturação fisiológica dos grãos (R8) compreendendo o período em que foram feitas as supressões (SOSBAI, 2022).

Os parâmetros de qualidade física dos grãos para o ano agrícola 2021/22, se diferenciam de forma significativa para o rendimento e quantidade de inteiros. Onde se ajustou uma equação linear, indicando que quanto maior o tempo de irrigação da cultura, maior é o rendimento de engenho. A equação mostra que, a cada dia que passa sem a supressão definitiva da irrigação, a proporção de inteiros aumenta em 0,45%, e o rendimento aumenta em 0,31% (Figura 3A). Soares (2020) encontrou uma redução de 4% na quantidade de grãos inteiros e um aumento de 26% na porcentagem de quebrados com a supressão da irrigação no estágio R4 e 7 dias após R4, quando comparado aos demais tratamentos. Demonstrado pelo autor, a melhora em ambos os parâmetros à medida que a supressão da irrigação é postergada. Para os grãos quebrados não foi obtida significância estatística.

**Figura 3:** Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre o rendimento de grãos, porcentagem de grãos inteiros e quebrados. Grãos oriundos do experimento realizado nos anos agrícolas 2021/22 (A) e 2022/23 (B). Itaqui, RS, Brasil.



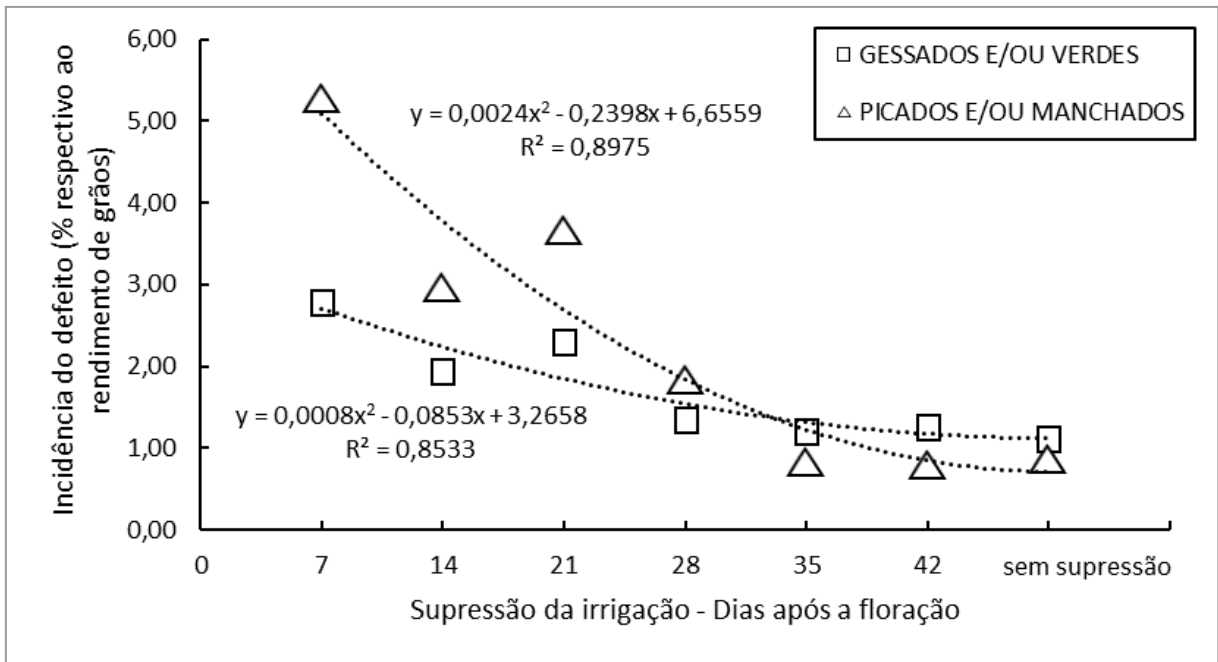
No ano agrícola 2022/23, os dados referentes aos parâmetros de qualidade física dos grãos revelam a falta de significância estatística entre os diferentes tratamentos (Figura 3B). Sabe-se que embora o déficit hídrico possa afetar aspectos condizentes com a qualidade dos grãos, rendimento e a proporção de grãos inteiros, por vezes os mesmos podem não ser prejudicados. Isso pode ser dado à possíveis capacidades das plantas se adaptarem parcialmente ao estresse hídrico, mantendo a integridade estrutural dos grãos em níveis comparáveis aos das plantas irrigadas normalmente (Liu et al., 2019). O genótipo utilizado pode também ser resposta para a não significância (Fang et al., 2020), embora neste experimento tenha sido o mesmo em ambos os anos, então a divergência entre os anos agrícolas não está ligada a fatores genéticos.

Adicionalmente, as condições climáticas durante a fase final do período de maturação dos grãos, podem manter as condições de disponibilidade hídrica semelhantes aos tratamentos sem a supressão. Condições como menor temperatura do ar, menor amplitude de temperatura entre máxima e mínima que pode causar aumento dos grãos quebrados e a precipitação pluvial em demasia (CHEN et al., 2021). O maior acúmulo e/ou a maior frequência das precipitações pluviais nos meses finais da maturação dos grãos no segundo ano agrícola, quando comparado ao primeiro, pode ter implicado na semelhança das condições hídricas para as plantas, resultando em dados não significativos estatisticamente, para esse segundo ano.

No segundo ano agrícola foram avaliados os defeitos nos grãos provenientes deste ano agrícola, bem como grãos picados e/ou manchados e gessados e/ou verdes. Tendo resultados negativos em relação a supressão precoce, quando comparados os dados para picados e/ou manchados. Onde os resultados obtidos entre os tratamentos foram ajustados em uma equação de segundo grau. Onde o ponto com menor porcentagem de grãos com esse defeito, se deu aos 49 DAF, resultando em 0,66% de grãos picados e/ou manchados (Figura 4).

Essa diferença pode ser atribuída ao maior número de grãos manchados, justamente por maior incidência de manchas, em especial a mancha das glumas, por influência das condições climáticas e ausência da lâmina de água, podendo esse ser o principal fator que contribui para maior incidência de grãos manchados. Isso porque a lâmina de água quando presente auxilia no isolamento térmico, o que reduz a amplitude de temperatura (Sauer et al., 2018).

**Figura 4:** Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a porcentagem de grãos gessados e/ou verdes e de picados e/ou manchados Grãos oriundos do experimento realizado no ano agrícola 2022/23. Itaqui, RS, Brasil.



Ainda se tratando dos defeitos avaliados no segundo ano agrícola, não houve diferença significativa para gessados e/ou verdes. Embora os dados obtidos mostrem a tendência de redução da proporção dos defeitos à medida que a supressão é postergada.

#### 4.2. Experimento em condições controladas atestando a qualidade de sementes

Para o ano agrícola 2021/22, os parâmetros de qualidade fisiológicas das sementes oriundas dos tratamentos, se ajustou uma equação linear, revelando influência significativa de relação entre o tempo de supressão da irrigação e a qualidade das sementes. A equação a seguir mostra que a cada dia que passa sem ter a supressão definitiva da irrigação, aumenta 7,17% o vigor expresso pela primeira contagem do teste de germinação e 6,29% para a germinação (Figura 5). Resultados semelhantes foram evidenciados por Soares (2020), quando a

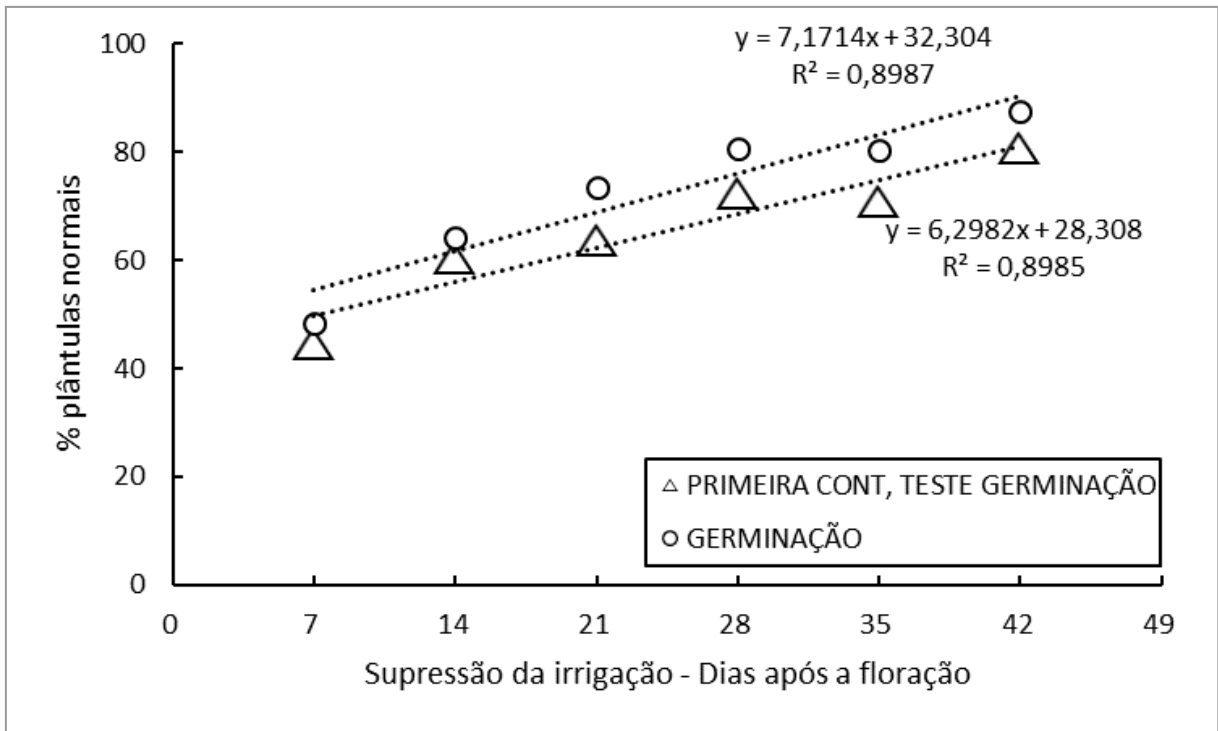


porcentagem de germinação e vigor elevaram-se até à supressão realizada aos 21 dias após floração.

A supressão da lâmina de irrigação pode resultar em estresse hídrico, prejudicando o desenvolvimento adequado das sementes e afetando a viabilidade e germinação das mesmas. De acordo com Wang et al. (2019), sementes provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico apresentaram menor vigor e taxa de germinação, indicando uma redução na qualidade fisiológica das sementes. O que correlaciona com pesquisas realizadas por Tanaka et al. (2018), por indicar que o estresse hídrico severo pode levar à degradação proteica, comprometendo o valor nutricional das sementes. Além disso, a redução do teor de água durante a fase de maturação dos grãos pode prejudicar a formação adequada do endosperma, resultando em sementes com menor densidade e peso, conforme relatado por Chen et al. (2021).

Além disso, estudos conduzidos por Fang et al. (2020) demonstram que a supressão da irrigação antes da maturação completa dos grãos resultou em uma diminuição significativa na viabilidade e vigor das sementes. Impactando na taxa de germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas.

**Figura 5:** Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre a porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem e de germinação. Sementes oriundas do experimento realizado no ano agrícola 2021/22. Itaqui, RS, Brasil.

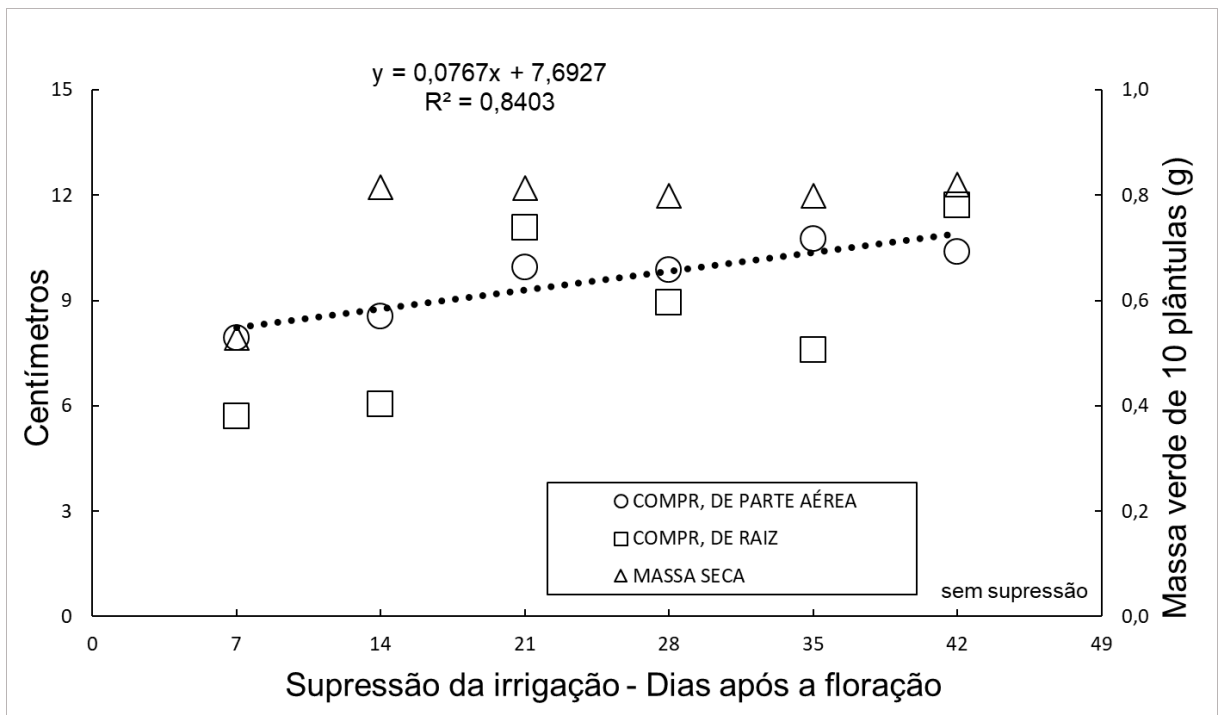


Os dados obtidos durante o ano agrícola 2021/22, realçam que existe influência de forma significativa entre os tratamentos, para o comprimento da parte aérea das plântulas geradas a partir das sementes provenientes. Onde os resultados se ajustam em uma equação do tipo linear, tendo aumento de 0,07 cm da parte aérea a cada dia que é postergada a supressão da irrigação (Figura 6). O desenvolvimento inicial das plântulas está diretamente ligado com a qualidade das sementes, sendo resposta para o vigor inicial das plantas. Parâmetros como o comprimento da parte aérea das plântulas é um dos indicadores em prol de avaliar esse vigor.

Fang et al. (2020) relatam que a supressão da irrigação antes da maturação completa dos grãos, também resultou em diminuição significativa no comprimento da parte aérea das plântulas, implicando de forma negativa na viabilidade e vigor das sementes. O menor acúmulo de amido e proteínas na sementes, pode ser resultado da restrição hídrica provocada pela supressão da irrigação antecipada. Sendo a

qualidade das sementes essencial para o desenvolvimento inicial das plântulas (Liu et al. 2019). Alguns autores observaram que o déficit hídrico causa degradação de proteínas (Tanaka et al., 2018) e alternância dos níveis de hormônios, auxinas e citocininas (Chen et al., 2021), podendo ser um dos motivos para influência negativa no desenvolvimento da parte aérea das plântulas.

**Figura 6:** Efeito da supressão da irrigação realizada em diferentes períodos após a floração da cultura do arroz sobre parâmetros de vigor das plântulas no teste de primeira contagem de germinação. Sementes oriundas do experimento realizado no ano agrícola 2021/22. Itaqui, RS, Brasil.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recomendação técnica da cultura instrui que a supressão da irrigação para a cultura do arroz irrigado seja feita a partir do estágio R6 (Counce et al., 2000), devendo ponderar a textura do solo. Conforme o resultado deste trabalho podemos considerar que não é aplicável de forma generalizada sobretudo para genótipos com as mesmas características de ciclo e potencial produtivo do cultivar que aqui foi utilizado (IRGA 424 RI), bem como, sobre as e condições de cultivo aqui impostas.

Se considerarmos os resultados do primeiro ano agrícola avaliado (2021/22) a supressão da irrigação recomendada para obter o máximo potencial produtivo da cultura seria aos 36 dias após a floração (DAF). Isto representa um período bastante posterior ao estágio R6. Para o rendimento de grãos e a porcentagem de grãos inteiros (2021/22), assim como, a porcentagem de grãos picados e/ou manchados (2022/23) também apresentaram influência negativa quando há supressão antecipada. Neste caso sugerindo que haveriam acréscimos mediante a manutenção da lâmina da irrigação até o período de colheita.

Portanto, é importante que sejam realizados mais estudos nesta linha de pesquisa. Sugere-se considerar o uso de genótipos modernos, de ciclo médio e tardio (que por consequência apresentam maiores potenciais produtivos), cultivados sobre condições de manejo que contrastam com a realidade da região, como elevados índices de adubação nitrogenada, semeaduras antecipadas, baixas alturas da lâmina de irrigação, dentre outras. Outro aspecto importante, diz respeito a textura de solo (arenoso, argiloso) e o sistema de cultivo (convencional, mínimo, direto), que certamente influenciam nessa questão. Assim, será possível recomendar ao rizicultor com maior precisão se há necessidade de suprimir a irrigação, e principalmente, quando fazê-la.

## 6. REFERÊNCIAS

- BECKER, M.; ASCH, F. Iron Toxicity in Rice-Conditions and Management Concepts. **Journal of plant nutrition and soil science**, n. 168, p. 558–573, 2005. DOI: [10.1002/jpln.200520504](https://doi.org/10.1002/jpln.200520504).
- BELDER et al. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. **Agricultural Water Management**, v. 65, p. 442-448, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.09.002>.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D.C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. **Editora da UFRGS**. Porto Alegre, RS, 2003. Acesso em: 19 de junho de 2024.
- BOUMAN B.A.M; Tuong T.P. Field Water Management to Save Water and Increase in Productivity in Irrigated Lowland Rice. **Agricultural Water Management**, v. 49, n. 1, p. 11-30, 2001. DOI: [10.1016/S0378-3774\(00\)00128-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00128-1).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 06 de 2009. Regulamento técnico do arroz**. PDF. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1687046295>>. Brasília, DF, 2009. Acesso em: 7 de abril de 2024.
- CABANGON, R. J. et al. Effect of irrigation method and N-fertilizer management on rice yield, water productivity and nutrient-use efficiencies in typical lowland rice conditions in China. **Paddy Water Environment**, v. 2, p.195–206, 2004. DOI: [10.1007/s10333-004-0062-3](https://doi.org/10.1007/s10333-004-0062-3)
- CAPURRO, M. C. et al. Efecto del momento de retiro del agua y cosecha en las variedades Parao y El Paso 144. In: **INIA Treinta y Tres: Arroz - Resultados Experimentales 2011-12**. Cap.2, p.11-24, 2012.
- CERA, J.C.; FERRAZ, S.E.T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n.1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130588>.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Caracterização da Precipitação no Estado do Rio Grande do Sul. In: **Anais do II Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis, SC, 2007.
- CONAB - **Boletim da Safra de Grãos**. Online. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 01 junho 2024.
- COSTA, W.A. et al. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um Latossolo-vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200006>.

COUNCE, P.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, p. 436–443, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>

CHEN, G. X. et al. Effects of drought on photosynthetic characteristics of flag leaves of a newly-developed super-high-yield rice hybrid. **Photosynthetica**, v. 40, n. 2, p. 436-443. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11099-005-0015-0>.

CHEN, J., et al. Influence of water stress on the endosperm development and quality of rice seeds. **Field Crops Research**, 2021.

CRUZ, R. P. **Exigências climáticas para a cultura do arroz irrigado**. Boletim técnico n° 11. PDF, Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/downloads/Exigencias\\_Climaticas.pdf](https://www.agrolink.com.br/downloads/Exigencias_Climaticas.pdf)>. Cachoeirinha, RS, 2010. Acesso em 12 maio 2024.

DIXIT, S. et al. Marker-assisted breeding to develop the drought-tolerant version of the rice variety Sabitri in Nepal. **Euphytica**, v. 213, n. 184, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1976-3>

ELIAS, M. C. et al. Manejo técnico e operacional do armazenamento e da conservação de grãos. In: ELIAS, M.C.; Oliveira, M.; Paraginski R.T. Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil. **Editora Cópias Santa Cruz Ltda**, 2013.

FAO – **Food and agriculture organization of the united nations faostat**. Crops and livestock products. Disponível em: <[https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)>. Acesso em 27 de junho de 2024.

FANG, W. et al. Impact of drought stress on seed quality and viability in rice. **Seed Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 211-223, 2020.

FRIZZONE, J. A. ANDRADE Jr. A. S. (Eds). Planejamento de irrigação: análise e decisão de investimento. **Embrapa informação tecnológica**, p. 626, 2005. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00076740.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2024.

FAGERIA, N. K. The use of nutrients in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 105, n. 1, p. 11-10, 2008. Acesso em: 17 de maio de 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp227>.

GOMES, A. S. et al. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase no arroz irrigado**. Documento (250). PDF. Embrapa clima temperado. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45267/1/documento-250.pdf>>. Pelotas, RS, 2008. Acesso em 15 de maio de 2024.

GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr., A. M. de M. (Eds.) **Arroz irrigado no sul do Brasil**. 1ª ed. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A.; FRANZ, A.F. H. PINTO, L.F.S.; LAUS, J.A. NETO.; PAULETTO, E.A. **Uso e manejo da água em arroz irrigado**. In: GOMES A. da S.; MAGALHÃES, A. Jr. (Ed.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 417-453, 2004.

HUANG, D. F. et al. Effects of irrigation patterns during grain filling on grain quality and concentration and distribution of cadmium in different organs of rice. **Acta Agronomia Sinica**, v. 34, n. 3, 2008. DOI [10.1016/S1875-2780\(08\)60019-X](https://doi.org/10.1016/S1875-2780(08)60019-X)

HENRY, A. et al. Drought-responsive rice genotypes for improved water-use efficiency in rice-based cropping systems. **Field Crops Research**, 2011.

KAYANO, M. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **America. International Journal of Climatology**, 2009.

LIU, S. H. et al. Response of the flag leaves of super-hybrid rice variety to drought stress during grain filling period. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v. 197, n. 4, p. 322-328, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00458.x>

LIU, H. et al. Effects of water deficit on rice grain quality and composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 11, 2019.

LONDERO, G. P. et al. Supressão da irrigação: redução do uso de água e produtividade do arroz irrigado. **Irriga**, v. 1, n.1, p. 43-55, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p43-55>

MACHADO, S. L. O. et al. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, p.65-71, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100010>

MEUS, L. D.; et al. (Org.) **Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades**. Editora GR: Santa Maria, RS, 2020. 312p.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V.R.M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS**. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 32p.

MIORINI, J. J.; SAAD, J. C. C.; MENEGALE, M. L. Supressão de água em diferentes fases fenológicas do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Irriga**, v. 16, n. 4, 2011. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n4p360>

MOLDEN, D.; OWEIS, T. Pathways for increasing agricultural water productivity. **Water Management in Agriculture**, v. 32, n. 7, 2007.

NOLDIN, J.A. et al. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300013>

PASCUAL, V.; Wang, Y. Impact of water management on rice varieties, yield, and water productivity under the system of rice intensification in Southern Taiwan. **Water**, v. 9, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9010003>

PINTO, M. A. B. et al. Arroz irrigado por aspersão: consumo hídrico e rendimento de grãos em função da tensão de água no solo. **XV ENPÓS – Encontro de Pós-graduação**. PDF. Disponível em: <[https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2013/CA\\_02294.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2013/CA_02294.pdf)>. Pelotas, RS, 2013. Acesso em: 08 de junho de 2024.

PINTO, M. A. B. et al. Produtividade de arroz irrigado por aspersão em terras baixas em função da disponibilidade de água e de atributos do solo. **Embrapa Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento; Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, 2016, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900058>

PRABA, M. L. et al. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v. 195, n. 1, p. 30-46, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00341.x>

SANTOS B. S. **Sistema de cultivo**. Portal EMBRAPA. Online. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo>>. Brasília, DF, 2021.

RIBEIRO, G. J. T. et al. Efeitos do atraso da colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000500008>

ROSHAN N.M. et al. Irrigation withholding time management in four rice varieties at Guilan paddy fields (North Iran). **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 20, p. 2371-2375, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR11.2187>

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. **FAO**. Roma, 1992. Acesso em: 4 de junho de 2024.

SAUER, T.J. et al. Soil Temperature and Heat Flux. **Agronomy Monograph**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr60.2016.0024>

SANTOS, H.G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Brasília: **EMBRAPA**, 2018. 356p. PDF. Disponível em: <<https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/porta/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>>. Acesso em 08 de maio de 2024.

SANTOS, A. B. et al. Índices fisiológicos do arroz irrigado afetados pela inundação e fertilização nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020003>

SARTORI et al. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300004>

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. S. **Adubação e Calagem para o Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (Circular técnica 62). PDF. Disponível em:



<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30820/1/Circular-62.pdf>>. Pelotas, RS, 2007. Acesso de 1 de junho de 2024.

SILVA, N. F. et al. Métodos para estimativa da infiltração de água em um Latossolo sob plantio direto e convencional. PDF. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 169-176, 2017.

SOARES, A. B. Impacto da supressão da irrigação na germinação e vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, 2020.

SOUZA, Z. M.; ALVES M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100004>

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>

SHAO, G. C., et al. Impacts of controlled irrigation and drainage on the yield and physiological attributes of rice. **Agricultural Water Management**, v. 149, p. 156-165, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.11.002>

SMIDERLE, O. J.; PEREIRA P. R. V. S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 Taim em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100010>

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Recomendações técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Restinga Seca, RS, 2022.

STONE, L.F. **Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado**. (Documento 176). Embrapa Arroz e Feijão. PDF. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/194822/1/doc176.pdf>>. Santo Antônio de Goiás, 2005. Acesso em: 2 de maio de 2024.

TANAKA, K. et al. Protein degradation under water stress conditions in rice seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 132, p. 123-130, 2018.

TESTER, M.; Davenport, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of botany**, v. 91, n. 5, 2003. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>

TUONG, T. P.; Bouman, B.A.M. Rice production in water-scarce environments. **Agricultural Sciences**. Wallingford, 2003.

SILVA J. T. et al. **Resposta do arroz irrigado ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. PDF. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129441/1/Parfitt-02-125-trab-5-8136-204-1507070958.pdf>>. Acesso em: 8 junho 2024.

TYAGI, L.; Kumari, B.; Singh, S.N. Water management - a tool for methane mitigation from irrigated paddy fields. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 5, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.010>

WANG, J. et al. Seed quality under water stress conditions. **Seed Science Research**, 2019. Acesso em: 27 de junho de 2024.

YANG, X. et al. The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. **Scientific Reports**, v. 9, n. 3742, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40161-0>

YAO, F. et al. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. **Field Crops Research**, v. 126, n. 14, p. 16-22, 2012. DOI: [10.1016/j.fcr.2011.09.018](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.018)

YE, Y. et al. Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, water and nitrogen use. **Field Crops Research**, v. 144, n. 20, p. 212-224, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.12.003>

YOSHIDA, S. Fundamentals of Rice Crop Science. **International Rice Research Institute**, cap. 4, 1981. Acesso em 28 de maio de 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.12.003>

ZHONG, X. H.; HUANG, N. R. Rice grain chalkiness is negatively correlated with root activity during grain filling. **Rice Science**, v. 12, n. 3, 2005.