

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DO TREVO PERSA NO DESEMPENHO  
AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO

Gabriela Paiva Fioravanço  
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril, 2024

### CIP - Catalogação na Publicação

Fioravanço, Gabriela Paiva  
ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DO TREVO PERSA NO DESEMPENHO  
AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO / Gabriela  
Paiva Fioravanço. -- 2024.  
115 f.  
Orientador: Christian Bredemeier.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2024.

1. Arroz irrigado. 2. Plantas de cobertura. 3.  
Produtividade . 4. Nitrogênio. 5. Agricultura de  
Precisão. I. Bredemeier, Christian, orient. II.  
Título.

GABRIELA PAIVA FIORAVANÇO  
Engenheira Agrônoma - UFRGS

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos

para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 11/04/2024

Pela Banca Examinadora

CHRISTIAN BREDEMEIER  
Orientador  
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

ANDRÉ LUIS VIAN  
UFRGS

FILIPPE SELAU CARLOS  
UFPEL

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

PAULO RÉGIS FERREIRA DA SILVA  
IRGA

## EPÍGRAFE

*É no conhecimento que existe uma  
chance de libertação.*

*Leandro Karnal*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marília e João, pelas inúmeras oportunidades concedidas ao longo da vida e pelo apoio, auxílio e amor incondicional. Obrigada por me acompanharem nessa jornada e por jamais desistirem de mim. À minha irmã, Letícia, e minha cunhada, Judit, pelas incontáveis horas ao telefone transpassando carinho, conhecimentos e conselhos sobre os mais diversos assuntos.

Ao meu namorado, Claudio, pelo suporte, carinho e incentivo durante esse trabalho. O melhor amor é aquele regado de amizade.

Aos meus amigos que se fizeram presentes durante esses anos com palavras de incentivo e confiança, especialmente à Sofia, Rebeca, Helena e Ketlin. À minha colega de mestrado e amiga Gabriela Petry, pelas inúmeras horas de convivência, risadas e cumplicidade. Sem tua presença o desenvolvimento dessa pesquisa teria sido muito mais difícil.

Ao meu professor e orientador, Christian Bredemeier, pelo auxílio, paciência e orientação no decorrer do mestrado.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Agricultura Digital da UFRGS, em especial ao Diego pela ajuda nas análises laboratoriais e pela convivência sadia e regada de alegria. Aos bolsistas da graduação Leonardo, Carlos, Vinícius, Elisa e Fernanda pela contribuição nas atividades de campo.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Agronomia pelos ensinamentos e convivência desde o início da graduação até a conclusão do mestrado.

Aos pesquisadores Glaciele Valente e Pablo Badinelli pela parceria ao construir esse projeto no campo. Aos técnicos Fábio, Elvis e André pela contribuição imensurável ao longo desses dois anos, pelas idas ao campo e pela amizade oferecida.

Ao professor Lauri Radünz e ao pesquisador Daniel Waldow pela colaboração nas análises estatísticas desse projeto.

Ao IRGA, por ceder o espaço para a realização desse projeto e prover todos os recursos necessários para a elaboração do ensaio a campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

# ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO DO TREVO PERSA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO<sup>1</sup>

Autora: Gabriela Paiva Fioravanço

Orientador: Christian Bredemeier

## RESUMO

O arroz é o segundo cereal mais produzido no Brasil e a cultura é altamente responsiva ao nitrogênio (N) e, por isso, esse nutriente frequentemente é aplicado em altas doses, o que aumenta os custos de produção e pode gerar contaminação ambiental. Visando melhorar a sustentabilidade dos sistemas arrozeiros, tem-se buscado a utilização de plantas de cobertura leguminosas na entressafra, principalmente o trevo persa pela sua maior tolerância ao excesso hídrico, e o sincronismo entre a liberação de N com as demandas nutricionais da cultura do arroz. Nesse cenário, os objetivos da presente pesquisa foram avaliar a quantidade de N ciclado pelo trevo persa e determinar a melhor época para sua dessecação e correlacionar o NDVI com a produtividade de grãos do arroz irrigado cultivado em sucessão. Dois experimentos foram conduzidos a campo, com cinco épocas de dessecação do trevo (30, 20, 10 dias antes da semeadura do arroz, no dia da semeadura e no ponto de agulha) e duas testemunhas de pousio, com a aplicação de nitrogênio em cobertura e controle (0N), na safra de 2021/22, e outro com quatro épocas de dessecação do trevo (30, 20, 10 dias antes da semeadura do arroz e no ponto de agulha) e duas testemunhas de pousio, com a aplicação de nitrogênio em cobertura e controle (0N), na safra de 2022/23. As avaliações consistiram em análise de biomassa e N acumulado do trevo no dia da dessecação e do resíduo da leguminosa no dia da semeadura do arroz. Realizaram-se medições semanais de NDVI na cultura do arroz, além de coletas de biomassa e o N acumulado em três estádios distintos (V5, V8 e R1). Após, avaliou-se a influência das épocas de dessecação do trevo nos componentes do rendimento e na produtividade do arroz. A variação temporal do NDVI mostrou que as plantas que receberam N em cobertura alcançaram valores maiores quando comparadas as que não receberam e que, em alguns estádios, a medição com GreenSeeker é capaz de diferenciar as épocas de dessecação da leguminosa. A correlação entre o NDVI e a produtividade alcançou maiores valores no estádio R1. Avaliando-se a produtividade do arroz após o trevo em comparação com as testemunhas, percebe-se que o melhor desempenho foi atingido pelo arroz após a dessecação do trevo persa em 20 e 10 dias antes da semeadura. Conclui-se que a época de dessecação do trevo persa ideal para ciclar N para o arroz irrigado é entre 20 e 10 dias antes da semeadura quando o trevo disponibiliza, em média, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. Quando há a aplicação de N em cobertura, a contribuição do trevo torna-se menos evidente, pois o nutriente não é mais limitante para o desenvolvimento da cultura.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (115f.) Abril, 2024.

## **DESICCATION TIMES OF PERSIAN CLOVER ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF IRRIGATED RICE IN SUCCESSION<sup>2</sup>**

Author: Gabriela Paiva Fioravanzo

Advisor: Christian Bredemeier

### **ABSTRACT**

Rice is the second most produced cereal in Brazil and the crop is highly responsive to nitrogen (N), therefore, this nutrient is often applied in high doses, which increases production costs and can generate environmental contamination. In order to improve the sustainability of rice systems, the use of leguminous cover crops in the off-season has been sought, especially the persian clover, due to its greater tolerance to water excess, and the synchronism between the release of N and nutritional demands of the rice crop. In this scenario, the objectives of the present research were to evaluate the amount of N cycled by the persian clover and to determine the best time for its desiccation and to correlate the NDVI with the grain yield of irrigated rice cultivated in succession. Two experiments were conducted in the field, with five clover desiccation times (30, 20, 10 days before rice sowing, on the sowing day and at the needle point) and two fallow controls, with the application of nitrogen in topdressing and control (0N) in the 2021/22 harvest and another with four clover desiccation times (30, 20, 10 days before rice sowing and at the needle point) and two fallow controls, with the application of nitrogen in topdressing and control (0N), in the 2022/23 harvest. The evaluations consisted of analysis of biomass and accumulated N of clover on the day of desiccation and of the legume residue on the day of rice sowing. Weekly measurements of NDVI were also carried out in the rice crop, as well as biomass and accumulated N collections in three different stages (V5, V8 and R1). Then, the influence of clover desiccation times on rice yield and yield components was evaluated. The temporal variation of the NDVI showed that the plants that received N in topdressing reached higher values when compared to those that did not and that, at some stages, the measurement with GreenSeeker is able to differentiate the desiccation times of the legume. The correlation between NDVI and productivity reached higher values at R1 stage. Evaluating the yield in comparison with the controls, it was notice that the best performance was achieved by rice after desiccation of persian clover in 20 and 10 days before sowing. It is concluded that the desiccation time of persian clover ideal for cycling N to irrigated rice is between 20 and 10 days before sowing, when the clover provide an average of 60 kg/ha of N. When there is the application of N in topdressing, the contribution of clover becomes less evident, because the nutrient is no longer limiting for the development of the crop.

---

<sup>2</sup> Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (115p.) Abril, 2024.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1 A CULTURA DO ARROZ.....	5
2.2 ARROZ IRRIGADO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (RS).....	5
2.3 A ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO.....	7
2.4 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO NO OUTONO-INVERNO .....	8
2.5 DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO.....	10
2.6 INSERÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO DE OUTONO-INVERNO EM ÁREAS ARROZEIRAS.....	12
2.6.1 Trevo persa ( <i>Trifolium resupinatum</i> ) .....	14
2.7 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP).....	16
2.7.1 Sensores proximais .....	16
2.7.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) .....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS E DA REGIÃO DE ABRANGÊNCIA DO PRESENTE ESTUDO.....	20
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	22
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	24
3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	25
3.4.1 Trevo persa .....	25
3.4.2 Arroz irrigado .....	25
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 VARIÁVEIS ANALISADAS NO TREVO PERSA.....	29
4.1.1 Biomassa e acúmulo de nitrogênio do trevo persa .....	29
4.2 VARIÁVEIS AVALIADAS NO ARROZ IRRIGADO.....	34



4.2.1 Produtividade de biomassa seca na parte aérea e acúmulo de nitrogênio .....	34
4.2.2 Produtividade de grãos .....	46
4.2.3 Componentes do rendimento de grãos.....	50
4.2.4 Eficiência agronômica do uso do N (EAN).....	62
4.3 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) .....	64
4.3.1 Evolução temporal do NDVI.....	64
4.3.2 Correlação entre a biomassa da parte aérea e o NDVI.....	69
4.3.3 Correlação entre a quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea e o NDVI.....	72
4.3.4 Correlação entre produtividade de grãos e NDVI .....	74
5 CONCLUSÕES .....	82
6 REFERÊNCIAS.....	83
7 APÊNDICES .....	98

## LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Datas da realização das dessecações do trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	24
TABELA 2. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, nos estádios V5, V8e R1 <sup>1</sup> , nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	36
TABELA 3. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V5 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	37
TABELA 4. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V8 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	39
TABELA 5. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio R1 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	40

TABELA 6. Quantidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de N acumulado na parte aérea do arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo persa e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, nos estádios V5, V8 e R1, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.....	42
TABELA 7. Quantidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V5 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.....	43
TABELA 8. Quantidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V8 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	44
TABELA 9. Quantidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio R1 <sup>1</sup> , comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.....	46
TABELA 10. Produtividade de grãos ( $\text{t ha}^{-1}$ ) do arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	48
TABELA 11. Estande de plantas do arroz irrigado cultivado nas safras 2021/22 e 2022/23, em função das épocas de dessecação do trevo persa e aplicação ou não de adubação nitrogenada .....	51

- TABELA 12. Estande de plantas do arroz irrigado cultivado nas safras 2021/22 e 2022/23, em função dos diferentes tratamentos de cobertura de solo e aplicação de adubação nitrogenada em comparação o pousio sem N e pousio com N, Cachoeirinha, RS ..... 52
- TABELA 13. Número de panículas por metro quadrado de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa, em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS..... 54
- TABELA 14. Número de panículas por metro quadrado de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS ..... 55
- TABELA 15. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS 57
- TABELA 16. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS ..... 58
- TABELA 17. Peso (g) de mil grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS 59

TABELA 18. Peso (g) de mil grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	60
TABELA 19. Esterilidade (%) de espiguetas de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS	61
TABELA 20. Esterilidade (%) de espiguetas de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS .....	62
TABELA 21. Eficiência agrônômica do uso do nitrogênio ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) nas safras 2021/22 e 2022/23.....	63

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm) durante o ciclo da cultura do arroz irrigado, no município de Cachoeirinha/RS, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B). .....	21
FIGURA 2. Radiação solar (MJ m <sup>-2</sup> ) durante o ciclo da cultura do arroz irrigado, no município de Cachoeirinha/RS, nas safras 2021/22 e 2022/23. ....	22
FIGURA 3. Precipitação total durante o ciclo de cultivo do trevo persa desde a semeadura até a semeadura do arroz irrigado para os anos de 2021 e 2022, Cachoeirinha, RS.....	23
FIGURA 4. Biomassa seca da parte aérea do trevo persa no momento da dessecação e do resíduo no dia da semeadura do arroz irrigado, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	30
FIGURA 5. Quantidade de N acumulado na biomassa seca do trevo persa no momento da dessecação e do resíduo no dia da semeadura do arroz irrigado, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.....	32
FIGURA 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS .....	47

- FIGURA 7. Evolução do NDVI ao longo do ciclo do arroz irrigado na safra 2021/22 em função de épocas de dessecação do trevo persa como cultura antecessora, sem a aplicação de nitrogênio (A) e com a aplicação de 150 kg/ha de nitrogênio (B), Cachoeirinha, RS ..... 66
- FIGURA 8. Evolução do NDVI ao longo do ciclo do arroz irrigado na safra 2022/23 em função de épocas de dessecação do trevo persa como cultura antecessora, sem a aplicação de nitrogênio (A) e com a aplicação de 150 kg/ha de nitrogênio (B), Cachoeirinha, RS ..... 68
- FIGURA 9. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de biomassa de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C) <sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS ..... 70
- FIGURA 10. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o N acumulado no arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23 nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C) <sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS..... 73
- FIGURA 11. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23 nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C)<sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS ..... 76
- FIGURA 12. Área abaixo da curva de progresso de NDVI para os tratamentos 30 DAS sem N (A) e com N (B), 20 DAS sem N (C) e com N (D), 10 DAS sem N (E) e com N (F), no dia da semeadura sem N (G) e com N (H), PA sem N (I) e com N (J) e pousio sem N (K) e com N (L), na safra 2021/22, Cachoeirinha, RS ..... 78

FIGURA 13. Área abaixo da curva de progresso de NDVI para os tratamentos 30 DAS sem N (A) e com N (B), 20 DAS sem N (C) e com N (D), 10 DAS sem N (E) e com N (F), PA sem N (G) e com N (H) e pousio sem N (I) e com N (J), na safra 2022/23, Cachoeirinha, RS ..... 79

FIGURA 14. Relação entre a área abaixo da curva de progresso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS ..... 81



## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de atender à crescente demanda alimentar da população, minimizar os impactos ambientais da atividade agrícola e mitigar as mudanças climáticas tem instigado o desenvolvimento de diversas estratégias agronômicas visando a sustentabilidade agrícola. Na busca por altas produtividades, a aplicação de fertilizantes nitrogenados é fundamental, entretanto, sua utilização excessiva e por longos períodos tem impactos ambientais importantes (Chen *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2021). Neste cenário, a pesquisa agronômica busca o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de diversos manejos e tecnologias para racionalizar a utilização dos fertilizantes (Fan *et al.*, 2021), como aplicações precisas de adubação pela agricultura de precisão, pelo desenvolvimento de cultivares melhoradas geneticamente e pelo aporte de nitrogênio através de fontes orgânicas.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea, caracterizado como planta anual e com sistema fotossintético C3. Apresenta um importante papel no âmbito social por ser um alimento acessível à população, com propriedades nutritivas essenciais, sendo fonte de proteínas, carboidratos e minerais. A nível global, a produção mundial na safra de 2022/23 foi de 502,97 milhões de toneladas (USDA, 2023).

No Brasil, o arroz é o segundo cereal mais cultivado, após o milho, atingindo produção de 10 milhões de toneladas na safra 2022/23 (CONAB, 2023a). Na região Sul, onde a maior parte da produção nacional está concentrada, o estado do Rio Grande do Sul responde por aproximadamente 70% da produção total de arroz. Nessa região há o predomínio do cultivo do arroz irrigado nas chamadas “terras baixas”, com a condução da lavoura sob sistema de irrigação por inundação.

Esses ambientes apresentam particularidades edafoclimáticas como a constante saturação do solo com água, que demandam, em muitos casos, intenso revolvimento do solo para a semeadura do arroz irrigado, o que pode comprometer a fertilidade e a

estrutura física do solo a longo prazo (SOSBAI, 2022). Diante desse cenário, há um aumento da necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados para compensar a baixa fertilidade natural do solo, principalmente os baixos teores de carbono orgânico no solo. Aliado à prática de pousio, que aumenta a pressão de plantas daninhas e pragas, essas práticas elevam os custos da lavoura arrozeira, enquanto a margem de lucro do produtor é reduzida. Em busca de soluções, as práticas de rotação de culturas e a sucessão com leguminosas que apresentam boa adaptabilidade em ambientes alagados são alternativas que podem mitigar esses problemas, aumentar o retorno econômico e a sustentabilidade do sistema (Goulart *et al.*, 2020).

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para as plantas, estando presente na composição de biomoléculas como proteínas, ATP, NADH, NADPH e clorofila e, portanto, atuando diretamente em processos fisiológicos importantes, como a fotossíntese. No solo, o N apresenta alta mobilidade, podendo ser perdido por volatilização, desnitrificação e lixiviação, conforme as condições ambientais (Anghinoni e Carlos, 2019). Essas características tornam a adubação nitrogenada um dos manejos mais importantes e complexos ao longo do ciclo da cultura, e a busca por formas de maximizar a eficiência do seu uso tem sido amplamente estudada.

O arroz irrigado é altamente responsivo à adubação nitrogenada, sendo que a carência desse nutriente origina sintomas de amarelecimento, redução de área foliar e, conseqüentemente, menor rendimento de grãos. Para minimizar as perdas de produtividade pela falta do nutriente e considerando que, em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de N no solo é um fator limitante, a aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos é amplamente adotada nas lavouras. Todavia, as doses aplicadas devem se ajustar à necessidade da cultura, para que não sejam aplicadas doses excessivas que serão perdidas para o ambiente (Chen *et al.*, 2018). Neste contexto, a utilização de culturas de cobertura constitui-se uma importante ferramenta para realizar o aporte de N orgânico ao sistema e reduzir as quantidades aplicadas de fertilizante sintético (Vogeler *et al.*, 2022; Weinert *et al.*, 2023).

A introdução de uma cultura de outono-inverno na entressafra do arroz irrigado melhora os atributos físicos e químicos do solo, reduz a pressão de plantas daninhas, além de, no seu processo de decomposição, liberar nutrientes para o cultivo em sucessão, realizando a ciclagem de nutrientes (Fan *et al.*, 2021). Dessa forma, pode-se, eventualmente, reduzir a dose aplicada de adubação em cobertura durante o ciclo da cultura de interesse econômico, devido ao aproveitamento desses nutrientes liberados. No

entanto, um dos maiores desafios atualmente é a adequação entre a liberação do N pela cultura de cobertura com as demandas nutricionais da cultura subsequente. Desse modo, busca-se uma sincronia entre a época de dessecação das plantas de cobertura e a liberação desses nutrientes com a absorção pela cultura em sucessão (Ferreira *et al.*, 2015), visando maior eficiência produtiva e maior economia na adubação mineral.

O trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) é uma leguminosa anual, de estação fria, que apresenta grande tolerância ao excesso hídrico. É uma espécie que produz quantidade de matéria seca suficiente para plantios subsequentes (Costa *et al.*, 2005), podendo ser associada também ao azevém em pastagens usadas em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Devido à essas características, o trevo persa tem se tornado um aliado importante nas lavouras arrozeiras visando a redução das áreas em pousio e o aumento da disponibilidade de N no sistema.

O azevém é, hoje, a planta hibernal mais utilizada nos sistemas de produção de arroz irrigado, caracterizada como uma gramínea com alta relação C/N. Por apresentar grande quantidade de biomassa acima do solo no momento da semeadura do arroz irrigado, frequentemente o manejo químico do azevém é realizado entre 30 a 40 dias antes da semeadura do arroz (SOSBAI, 2018). No entanto, o trevo persa é uma leguminosa, caracterizada por uma baixa relação C/N, com altos teores de N na matéria vegetal e, conseqüentemente, com uma decomposição mais rápida quando comparado às gramíneas (Alvarenga *et al.*, 2001). Neste cenário, o manejo de dessecação do trevo persa vem sendo realizado em intervalos de tempo similares aos adotados para o azevém, visando reduzir o volume de resíduos vegetais acima do solo e a possível geração de ácidos orgânicos. Entretanto, as culturas apresentam composição bioquímica distintas entre si, o que pode diferir a dinâmica de mineralização e disponibilização de nutrientes e, por isso, estudos sobre a melhor época de dessecação do trevo persa são necessários.

A agricultura de precisão (AP) é um conjunto de ferramentas destinadas a facilitar o manejo das lavouras, pelo maior rendimento na coleta de dados, tomadas de decisões mais rápidas e precisas e maior sustentabilidade do sistema, pelo uso mais consciente dos insumos agrícolas. Neste contexto, sensores ópticos proximais, como o Greenseeker, mostram-se promissores para avaliação rápida e periódica das plantas. Esses sensores fornecem valores do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que podem ser correlacionados com as variáveis de interesse agrônomo para gerar as informações desejadas, como a produção de biomassa, status de N da cultura, e predição do rendimento de grãos.

O presente estudo é focado na avaliação do desempenho do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa, além da determinação da melhor época de dessecação do trevo persa, visando altas produtividades do arroz irrigado. Além disso, visa a avaliação da utilização da agricultura de precisão como uma ferramenta para diagnóstico da produtividade do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa.

Neste cenário, as hipóteses do presente trabalho são: I) quanto mais tardiamente é realizada a dessecação do trevo persa, mais N é disponibilizado ao arroz irrigado cultivado em sucessão e maior é a produtividade do arroz; II) O GreenSeeker é capaz de prever a melhor época de dessecação do trevo persa baseando-se na produtividade do arroz irrigado em sucessão.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência da utilização do trevo persa como leguminosa de inverno na disponibilização de nitrogênio para o arroz irrigado cultivado em sucessão e determinar qual época de dessecação do trevo persa que exerce maior influência positiva no desempenho agrônomo do arroz irrigado, além de avaliar a viabilidade da utilização do NDVI, medido pelo sensor GreenSeeker, como ferramenta para estimativa da produtividade do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A cultura do arroz**

O arroz cultivado é o segundo cereal mais importante no mundo, por constituir a base alimentar de aproximadamente metade de sua população, sendo fonte de carboidratos (76%), proteína (7,5%), minerais e vitaminas do complexo B (Muthayya *et al.*, 2014; Yankah *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2022). O continente asiático é o principal produtor de arroz, detendo, entre seus países, as nove primeiras colocações das maiores produções, seguido pelo Brasil, que ocupa a 10ª colocação e destaca-se como maior produtor no Mercosul (FAOSTAT, 2023).

No Brasil, é o segundo cereal mais cultivado, atrás apenas da cultura do milho. Na safra de 2022/23, ocupou uma área de 1,48 milhão de hectares no país, apresentando produção de 10 milhões de toneladas e produtividade média de 6.781 kg/ha. O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor, correspondendo a, aproximadamente, 58% da área total e sendo responsável por quase 70% da produção nacional, seguido pelos estados de Santa Catarina e Tocantins (CONAB, 2023a).

A cultura do arroz pode ser cultivada em dois sistemas principais, sendo o arroz de sequeiro, ou de terras altas, e o arroz irrigado, ou de terras baixas. A primeira forma de cultivo caracteriza-se pela dependência apenas da irrigação por aspersão ou das condições pluviométricas do local de cultivo, enquanto a segunda se define pela irrigação por inundação. No Brasil, aproximadamente 33 milhões de hectares de terras baixas (solos aluviais e hidromórficos) estão sujeitos a inundações, e 5,4 milhões desta área encontra-se no estado do Rio Grande do Sul (Goulart *et al.*, 2020).

### **2.2 Arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul (RS)**

Correspondendo a aproximadamente 75% da área total de arroz no Brasil, o arroz irrigado é extensivamente cultivado no estado do RS, que se destaca como principal

produtor nacional. Na última safra, o estado produziu aproximadamente 7.240.000 toneladas deste cereal, com produtividade média de 8,79 t/ha em uma área semeada de 839.972 hectares (IRGA, 2023). Apesar da alta produção da cultura no estado, o aumento dos custos da lavoura arrozeira, aliado à queda dos preços de venda, tem levado a uma redução da área de cultivo.

As áreas de terras baixas do estado do RS, caracterizadas pela topografia plana, ocupam aproximadamente 20% do território estadual. Esses solos apresentam horizontes subsuperficiais argilosos e baixa condutividade hidráulica, que dificulta a infiltração de água no perfil, mantendo os solos saturados em períodos de maior pluviosidade (Streck *et al.*, 2008; Winkler, 2018; Goulart *et al.*, 2020). Representando mais de 86% dos solos de várzea do estado, os Planossolos, Gleissolos, Chernossolos e Plintossolos são os mais adequados para o cultivo de arroz, pois permitem a formação de lâmina de água sobre a superfície do solo.

O sistema de cultivo tradicional predominante no estado envolve operações de revolvimento do solo, que podem ser realizadas antecipadamente (cultivo mínimo) ou logo antes da semeadura. Esses manejos são importantes para incorporar a biomassa residual da cultura, realizar o controle de plantas daninhas e a descompactação do solo, incorporar fertilizantes e nivelar o terreno (Sousa *et al.*, 2021). Na safra de 2021/22, o sistema de cultivo mais utilizado no estado foi o cultivo mínimo, com 57,9% do total da área com arroz, seguido do sistema convencional (18%), pré-germinado (13,3%) e plantio direto (10,6%) (IRGA, 2022). Já em relação às cultivares, no ranking de área semeada, a cultivar IRGA 424 RI representou 54,3% do total, seguida pela cultivar BRS Pampa CL, com 13,3%, e a cultivar IRGA 431 CL, com 9,2% (IRGA, 2023).

O cultivo de arroz irrigado por inundação permaneceu, durante muitos anos, como monocultura seguida de pousio, degradando a estrutura do solo e causando resistência das plantas daninhas a herbicidas (Goulart *et al.*, 2020). Essas áreas que permanecem em pousio no outono-inverno (entressafra do arroz) e que, muitas vezes, são mantidas em pousio também no verão, apresentam condição propensa à perda de nutrientes e à degradação do solo, reduzindo sua fertilidade e levando a uma menor produtividade da cultura (Grohs, 2018; Weinert, 2021). Como consequência desse intenso revolvimento do solo, o Rio Grande do Sul apresenta 71% das lavouras arrozeiras com baixos níveis de matéria orgânica no solo, variável ligada diretamente à disponibilidade de nitrogênio (N) (Boeni *et al.*, 2010).

### 2.3 A adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial para o crescimento e o desenvolvimento dos organismos e é necessário na formação estrutural de proteínas, aminoácidos e DNA, além de estar presente na composição do ATP, do NADH e do NADPH. Nas plantas, é componente da clorofila e, conseqüentemente, influencia o índice de área foliar (IAF), o que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar e, portanto, a taxa fotossintética (Santos *et al.*, 2019).

O nitrogênio presente no solo sofre processos como mineralização e imobilização, realizados por organismos heterotróficos, transformando este nutriente em formas que são disponíveis ou não para a absorção pelas plantas. O primeiro processo é caracterizado pela transformação do N da forma orgânica para inorgânica (amônio -  $\text{NH}_4^+$  e nitrato -  $\text{NO}_3^-$ ), e o segundo como a transformação contrária, de compostos nitrogenados inorgânicos para orgânicos (Jansson e Person, 2015).

Por apresentar grande influência no crescimento de plantas, a carência de N pode levar a baixas produtividades da lavoura, dependendo da intensidade da deficiência (Harper, 1994; Costa e Santos, 2020). Isso posto, o fornecimento adequado de N às plantas é necessário para proporcionar maior síntese de pigmentos fotossintéticos, alcançar altas produtividades e reduzir o estresse nutricional (Weinert *et al.*, 2023). Na cultura do arroz irrigado, o N possui grande influência na produtividade de grãos e esse incremento pode ser atribuído aos seus efeitos sobre o crescimento do sistema radicular e o aumento do tamanho e do número de panículas por unidade de área (Harper, 1994; Weinert *et al.*, 2019; Costa e Santos, 2020).

O arroz irrigado é altamente responsivo à adubação nitrogenada e, com o desenvolvimento de cultivares modernas, busca-se o incremento do suprimento de N para a cultura que se tornou cada vez mais exigente em N. Em muitas situações, visando altas produtividades (10 a 11 t ha<sup>-1</sup>), as doses de N necessárias variam entre 150 a 170 kg ha<sup>-1</sup> em solos com teores de matéria orgânica do solo entre 1,0 a 2,0%. Segundo Boeni *et al.* (2010), cerca de 80% dos solos cultivados com arroz irrigado no RS apresentam teores de matéria orgânica inferiores a 2,5%, o que leva a aplicação de altas doses de N sintético durante o ciclo da cultura.

Na agricultura, visando evitar as perdas de produtividade ocasionadas pela deficiência de N, os fertilizantes são aplicados buscando maximizar o rendimento de grãos. A eficiência de absorção dos fertilizantes aplicados em culturas agrícolas varia de

30 a 50%, enquanto a maior parte do nitrogênio do fertilizante não é absorvido pelas plantas cultivadas e sim perdido para o ambiente (Grzebisz *et al.*, 2018). Dessa forma, na busca por altas produtividades, a aplicação de fertilizantes nitrogenados pode, quando manejadas de forma inadequada, apresentar expressivas perdas de N para o ambiente (Zonta *et al.*, 2021). Em solos alagados, as maiores perdas do nutriente ocorrem por volatilização, nitrificação-desnitrificação e, em menor intensidade, por lixiviação, visto que a presença de Horizonte B textural (Bt) nessas áreas reduz a taxa de infiltração e, consequentemente, a perda do nutriente para o ambiente.

Muitas estratégias foram propostas para atender às necessidades da cultura e melhorar o manejo de N. Uma dessas ferramentas é pelo aumento da eficiência do uso de nitrogênio (NUE), que é uma forma eficaz de aumentar a produtividade da cultura, concomitantemente com a redução das perdas do nutriente. Uma das formas de aumentar a NUE é através da utilização de plantas de cobertura que supram N para a cultura subsequente, levando à redução da aplicação mineral de fertilizantes (Chen *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2015). Por conseguinte, a inserção de sistemas de rotação e sucessão de culturas na cultura do arroz irrigado é uma alternativa viável na busca de novas formas de manejar o N, reduzir a aplicação de N sintético, mitigar a poluição e aumentar a produtividade da cultura (Correia, 2013).

#### **2.4 Plantas de cobertura de solo no outono-inverno**

As plantas de cobertura de solo no outono-inverno conquistaram, nas últimas décadas, uma importância significativa como um método cada vez mais atual e eficaz para aprimorar a agricultura, tornando-a mais sustentável, por apoiar serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono e a ciclagem de nutrientes (Blanco-Canqui e Ruis, 2020), sendo cultivadas durante a entressafra da cultura de interesse econômico (Abdalla *et al.*, 2019).

Muitos são os benefícios das culturas de cobertura, como a redução da lixiviação do N, a fixação de N atmosférico, o controle de plantas daninhas (Fan *et al.*, 2021), o aumento da fertilidade e da matéria orgânica do solo (Mortensen *et al.*, 2021) e o suprimento e a ciclagem de nutrientes para as culturas cultivadas em sucessão (Thilakarathna *et al.*, 2015). Para ser considerada uma cultura de cobertura promissora, um dos fatores que deve ser avaliado é a produtividade de biomassa (Atakoun *et al.*,



2023). Além disso, é desejável que essas culturas apresentem benefícios adicionais, como melhoria na estrutura do perfil do solo e aumento de sua fertilidade (Nezomba *et al.*, 2015). Assim, diversos estudos buscam avaliar a capacidade das culturas de produzir e acumular biomassa, o que varia entre as espécies. Por exemplo, Atakoun *et al.*, (2023) avaliaram, aos 75 dias após a semeadura, que *Brachiaria ruziziensis*, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria retusa* acumulam 14,6, 11,29 e 1,24 t ha<sup>-1</sup> de biomassa acima do solo, respectivamente.

Como já abordado, para que as plantas de cobertura consigam ciclar e disponibilizar nutrientes para a cultura de interesse econômico, é necessário que elas cresçam e se desenvolvam no campo por tempo suficiente para a criação de uma biomassa adequada, com suficiente quantidade de N na sua composição (Schipanski *et al.*, 2014), para sua posterior decomposição e liberação do nutriente. O tempo de decomposição da biomassa e de disponibilidade de N depende da espécie e da sua tolerância às condições ambientais. Deste modo, as culturas de outono-inverno escolhidas para o sistema devem ser estudadas quanto a seu comportamento no campo, para que seja possível sincronizar o fornecimento de N da cobertura com a demanda de N da cultura em sucessão (Grzebisz *et al.*, 2018).

As espécies leguminosas são as mais indicadas para aumentar o rendimento das culturas de interesse em comparação com o pousio ou outras espécies de culturas de cobertura (Snapp *et al.*, 2005), principalmente devido à sua capacidade de fixação biológica de N. Essa característica faz com que essas espécies apresentem maior conteúdo de N na biomassa e, portanto, maior potencial de transferência de N para a cultura subsequente (Vogeler *et al.*, 2022), reduzindo a aplicação de fertilizantes minerais (Arruda *et al.*, 2023).

À vista disso, muitos estudos foram conduzidos buscando avaliar a influência de plantas de cobertura na produtividade das culturas de interesse econômico. Ockerby *et al.* (1999) avaliaram sistemas de pousio, cereais e leguminosas como culturas anteriores ao arroz e constataram que a cultura de cobertura afeta tanto a produtividade do arroz como sua resposta à aplicação de N mineral. Alvarez *et al.*, (2017) constataram que há um aumento significativo de 7% de produtividade na cultura do milho quando a cultura antecessora é uma leguminosa, neste caso a ervilhaca. E em trigo, Angus *et al.* (2015) relataram maior rendimento da cultura depois de leguminosas quando comparado ao trigo após trigo.

Ao analisar a cultura do arroz irrigado, observou-se que houve um aumento significativo na produtividade da cultura quando esta foi precedida de uma cultura de cobertura, apesar do aumento ser dependente do tipo de cultura de outono-inverno. Ao comparar com o pousio, o arroz precedido de canola aumentou o rendimento em até 31%, enquanto que, com a cobertura de ervilhaca chinesa, chegou a um aumento de aproximadamente 40% (Chen *et al.*, 2018). Além disso, outras culturas de cobertura, como trevo carmesim (*Trifolium incarnatum* L.) e ervilhaca roxa (*Vicia benghalensis* L.) reduzem a lixiviação de nitrato e aumentam a disponibilidade de N no solo para as culturas em sucessão (Tribouillois *et al.*, 2016), diminuindo a dependência de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

## 2.5 Dinâmica da decomposição das plantas de cobertura de solo

As plantas de cobertura são uma alternativa para reduzir a aplicação de fertilizantes minerais nas lavouras, além de minimizar a perda de N para o ambiente. Por isso, a escolha das espécies de cobertura deve levar em consideração sua adaptabilidade ao ambiente, a relação C/N do resíduo das plantas e as necessidades da cultura subsequente.

A velocidade de decomposição é determinada por muitos fatores bióticos e abióticos que definem a persistência desses resíduos na superfície do solo (Espíndola *et al.*, 2006). Entre os fatores que afetam a taxa de decomposição dos resíduos, estão o contato do resíduo com o solo, o regime pluviométrico e a temperatura do solo (Acosta *et al.*, 2014; Vogeler *et al.*, 2022). No início do processo de decomposição das plantas, há uma fração lábil que é prontamente consumida pelos microrganismos, por sua fácil assimilação, e explica a rápida perda de biomassa nos primeiros dias após a dessecação. Além disso, as chuvas que ocorrem durante a decomposição das plantas de cobertura podem remover alguns compostos solúveis, o que também contribui para diminuição da massa seca remanescente (Ebertz, 2021).

Outro fator que deve ser levado em consideração, é a relação C/N das espécies. Gramíneas apresentam resíduos com maior relação C/N e, por isso, geram uma palhada que persiste por mais tempo no solo (Gongora *et al.*, 2022), resultando em maior imobilização de N no solo, podendo reduzir o rendimento de grãos em culturas subsequentes, devido à falta de nutriente disponível. Em contraste, as leguminosas

apresentam relação C/N menor, o que leva a uma velocidade de degradação da biomassa mais rápida, aumentando o N liberado (Yu *et al.*, 2014).

A dinâmica entre imobilização e mineralização do N no solo realizado por organismos heterotróficos, que obtém elementos essenciais para sua nutrição e formação de energia através desses processos, é dependente da classificação em leguminosa ou não leguminosa. Essa classificação interfere no crescimento e desenvolvimento da cultura subsequente, e isso foi observado em milho, quando o rendimento de grãos foi menor e houve deficiência de N no início do ciclo da cultura quando esta foi precedida de uma gramínea, enquanto os maiores rendimentos foram encontrados no milho cultivado após leguminosa (Pavinato *et al.*, 1994; Da Ros & Aita, 1996).

As leguminosas têm alto potencial para influenciar a atividade biológica do solo, que é uma via importante nos processos de liberação de nutrientes do solo (Carlos *et al.*, 2022). Devido a essas características, o N orgânico presente nas leguminosas pode ser liberado rapidamente, diminuindo as perdas e proporcionando um sincronismo no seu fornecimento com a demanda das culturas comerciais (Stagnari *et al.*, 2017).

Dessa forma, quando se faz o uso de plantas de cobertura na entressafra com o objetivo de disponibilizar N para a cultura em sucessão, busca-se o sincronismo entre a decomposição do resíduo e o estágio de necessidade de N da cultura de grãos. Esse sincronismo depende do teor de N da biomassa, da relação C/N do resíduo, bem como das condições ambientais (Vogeler *et al.*, 2022). Além disso, a época de dessecação das plantas de cobertura e a dose de N mineral aplicada em cobertura também influenciam os processos de liberação de N no solo (Ferreira *et al.*, 2015; Anghinoni e Carlos, 2019; Costa e Santos, 2020).

Portanto, a adequação do momento da dessecação é importante para que não ocorra uma alta taxa de mineralização do N contido na leguminosa antes da fase de crescimento logarítmico da cultura de interesse, pois isso resultará em perdas de N por desnitrificação-nitrificação ou volatilização de amônia (Lara Cabezas *et al.*, 2000). Por outro lado, se a mineralização ocorrer após esse período, a cultura de interesse econômico não será beneficiada (Espíndola *et al.*, 2006).

Quando se trata da lavoura arrozeira inundada, estudos relatam que o rendimento de grãos aumenta com seu cultivo em sucessão a leguminosas de cobertura, como ervilhaca leiteira, *Sesbania rostrata* e *Aeschynomene afraspera* (Diekmann *et al.*, 1996; Zhu *et al.*, 2012). A principal hipótese para esse aumento do rendimento de grãos é de que há uma melhor sincronia entre o fornecimento de N proveniente dos resíduos da

cultura de cobertura e a necessidade de N pelo arroz. Além da sua capacidade de fixar N, as leguminosas de cobertura têm maior chance de proporcionar um maior retorno de N após sua incorporação, sugerindo uma possibilidade de redução da quantidade de fertilizante nitrogenado aplicado (Nie *et al.*, 2019).

No entanto, essa saturação de água no perfil do solo pode influenciar a taxa de mineralização dos resíduos vegetais e a liberação de N mineral para o arroz estabelecido em sucessão (Carlos *et al.*, 2022). Então, sob condições de hipóxia, as taxas de mineralização dos resíduos são geralmente mais lentas, o que afeta o fornecimento de N e outros nutrientes às plantas de arroz (Carlos *et al.*, 2020). Desse modo, é importante que estudos sejam realizados avaliando diferentes momentos de dessecação de plantas de cobertura, a fim de verificar o comportamento da decomposição da palhada e da liberação de N para o solo.

## **2.6 Inserção de plantas de cobertura de solo de outono-inverno em áreas arrozeiras**

A lavoura de arroz irrigado é caracterizada pelo intenso revolvimento do solo e altos níveis de fertilização com nitrogênio, na faixa de 150-170 kg ha<sup>-1</sup> para alta produtividade de grãos (acima de 10 t ha<sup>-1</sup>), especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica (Carlos *et al.*, 2022). Isso pode levar à lixiviação deste nutriente, que contamina mananciais e corpos d'água, causando eutrofização, e impactando a qualidade da água para o consumo (Choudhury e Kennedy, 2005). Assim, a diversificação de culturas é uma prática conservacionista que contribui para o aumento da diversidade do agroecossistema, dos estoques de carbono, da disponibilidade de N (Carlos *et al.*, 2020) e, principalmente, o aumento da produtividade de grãos (Carlos *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, a inserção da soja e do milho na rotação de culturas com o arroz irrigado tem levado a uma perspectiva de melhora no cenário da lavoura arroteira. O objetivo desse manejo é aumentar a qualidade ambiental da lavoura pela quebra de ciclos de pragas e doenças, redução da infestação de plantas daninhas, ciclagem de nutrientes e melhoria na estrutura física, química e biológica do solo (Vernetti Júnior *et al.*, 2009; Grohs, 2018; Goulart *et al.*, 2020). Entretanto, apesar das vantagens da rotação de culturas, o maior problema diagnosticado nessas áreas ainda é a prática do pousio na entressafra (SOSBAI, 2022), manejo pouco difundido nas áreas de terras baixas (Grohs *et al.*, 2018).

Algumas alternativas para a inserção de culturas de outono-inverno na entressafra do arroz já são adotadas por muitos produtores na Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Todavia, apesar da necessidade de intensificação do sistema produtivo com menor impacto ambiental em terras baixas (Alves, 2018), estudos para a inserção dessas culturas de cobertura ainda são preliminares, o que faz com que sua adoção seja mais restrita, devido à necessidade dessas culturas serem adaptadas à condição de solos de má drenagem (Menezes *et al.*, 2001, Correia, 2013; Sganzerla, 2013; Grohs, 2018). Esses fatores limitam a quantidade de culturas adaptáveis e criam um cenário pouco propício para a adoção de práticas conservacionistas de sucessão de culturas, mantendo ainda, em grande escala, a prática do pousio na entressafra do arroz.

Atualmente, a cultura mais utilizada como cobertura outono-inverno na lavoura arrozeira é o azevém, que é manejado quimicamente cerca de 30 a 40 dias antes da semeadura do arroz. Essa antecipação do manejo químico tem o objetivo de reduzir o volume de resíduos vegetais e a possível geração de ácidos orgânicos pela fermentação do carbono orgânico durante o alagamento do solo, que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plântulas de arroz (SOUSA, 2001). Dessa forma, o manejo químico de leguminosas como o trevo persa vem sendo realizado em intervalos de tempo similares aos recomendados para o azevém. Entretanto, a dinâmica de decomposição de leguminosas é distinta da apresentada por gramíneas e, por isso, esses intervalos devem ser específicos para cada grupo de plantas.

Em contrapartida com as gramíneas, a adoção das leguminosas adaptadas a esse ambiente nas épocas de pousio mantém a fertilidade do solo e reduz as perdas por volatilização, devido à substituição parcial do fertilizante nitrogenado sintético pelo N orgânico liberado pela leguminosa (Wang *et al.*, 2022). Isso foi verificado por Carlos (2017) que, ao comparar o sistema de plantio direto com diferentes coberturas de solo encontrou que o maior estoque de N mineral no solo foi alcançado com o cultivo de serradela nativa. Contudo, ao utilizar leguminosas como uma opção para a produção sustentável de arroz irrigado e redução dos impactos ambientais, são necessárias mais informações sobre a quantidade de N aportado para o sistema e a influência da cultura de cobertura na produtividade do arroz (Zhao *et al.*, 2015)

No cenário arrozeiro, experimentos conduzidos em solos hidromórficos (gleissolos e planossolos) têm mostrado que a utilização de plantas de cobertura na entressafra, em relação ao pousio, leva ao aumento de até 10% na produtividade do arroz irrigado, principalmente quando se utilizam espécies leguminosas, que apresentam menor

relação C/N e, conseqüentemente, decomposição mais rápida da palhada (SOSBAI, 2022). Já um estudo conduzido na China mostra que a sucessão de arroz após leguminosas hibernais, como ervilhaca e fava, mantém a produtividade do arroz, diminui a perda de N e reduz a necessidade de aplicação de adubação mineral, quando comparado à sucessão gramínea-arroz (Cai *et al.*, 2018). Yu *et al.* (2014) corroboraram o efeito positivo das leguminosas na cultura de arroz em sucessão através do maior rendimento de grãos e a redução em 21,4% da aplicação de fertilizantes químicos.

O estudo e a utilização de culturas de cobertura adaptadas a solos mal drenados são cruciais para o aumento do rendimento de grãos e para a sustentabilidade dos sistemas de produção de arroz irrigado (Luz *et al.*, 2018). Dentre as espécies de cobertura conhecidas que apresentam a capacidade de tolerar solos encharcados, destacam-se o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), a serradela nativa (*Ornithopus micranthus* Benth.) e o trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) (Sganzerla, 2013).

A utilização de leguminosas é uma alternativa que ganha espaço pelo grande suprimento de nutrientes à cultura do arroz, principalmente onde as cultivares atuais são cada vez mais responsivas ao N, alcançando altas produtividades (Weinert, 2021). Portanto, espécies como serradela, trevo-branco, trevo-vermelho e mais recentemente, trevo persa, têm sido estudadas para inserção no sistema arroseiro, visto que elas permitem uma dessecação mais próxima da semeadura do arroz, o que provém um maior acúmulo de massa seca na parte aérea e nas raízes, aumentando a cobertura de solo na época de semeadura da cultura, além da maior quantidade de N ciclado para o cultivo em sucessão (SOSBAI, 2022).

### **2.6.1 Trevo persa (*Trifolium resupinatum*)**

O trevo persa é uma leguminosa de outono-inverno originária de regiões de clima mediterrâneo (Sganzerla, 2013) que pode ser utilizada como forrageira de duplo propósito ou apenas como cobertura de solo. A espécie apresenta alta produção de sementes, que garante ressemeadura natural após a colheita das culturas de verão (Costa *et al.*, 2005), além de apresentar dormência de sementes, criando um banco de sementes no solo (Sganzerla, 2013). Destaca-se pela sua boa adaptação a solos mal drenados por possuir caules ocos que a tornam bastante resistente à falta de oxigênio no solo (Sganzerla *et al.*, 2011), que podem chegar a 1 m de altura, mas que não se tornam lenhosos com a

maturidade (Erdemli *et al.*, 2007). De acordo com Sganzerla *et al.* (2011), a espécie pode produzir até 9 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea em regiões de clima ameno.

Esta espécie, além de apresentar alto valor nutritivo, em torno de 16 a 21% de proteína bruta, também se mostra promissora para o fornecimento de N para as culturas em sucessão (Sganzerla *et al.*, 2011; Bortolini, *et al.*, 2012), já que possui um sistema de fixação biológica de N de alta eficiência, devido à sua capacidade de estabelecer simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Hungria e Vargas, 2000).

Estudos mostram que a contribuição do N pelo trevo persa para a cultura em sucessão pode variar entre 50 a 140 kg ha<sup>-1</sup> de N (Weinert *et al.*, 2023). Segundo Scivittaro *et al.* (2008), em trabalho utilizando diferentes coberturas do solo como fonte de N para produção orgânica de arroz irrigado, o trevo persa acumulou 92,7 kg ha<sup>-1</sup> de N. Já os teores de N mineral na solução do solo durante o ciclo do arroz irrigado cultivado após o trevo persa foi maior quando comparado ao sistema de pousio, independentemente da dose de N mineral aplicado em cobertura (Garcia, 2020; Bastos e Martins, 2020). Esse resultado é corroborado por Weinert *et al.* (2023), que concluíram que o cultivo de trevo persa aumenta em 35% o teor de N mineral do solo e reduz em até 23% a necessidade de adubação nitrogenada sintética na cultura do arroz cultivado em sucessão, quando comparado ao pousio.

Já em relação ao incremento de produtividade, em um estudo realizado na região da Planície Costeira do RS, foi avaliada a produtividade do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa sob diferentes doses de N, mostrando um incremento de produtividade de até 1,8 t ha<sup>-1</sup> quando havia a presença da leguminosa (Garcia e Martins, 2019). Isso também foi observado por Menezes *et al.* (2019), que constataram maior rendimento de grãos de arroz cultivado após trevo persa, apresentando uma produtividade cerca de 1,9 t ha<sup>-1</sup> maior na área com o trevo persa em comparação à testemunha sem leguminosa. Weinert *et al.* (2023) afirmam que o rendimento de grãos do arroz precedido da leguminosa pode aumentar em até 8% quando comparado ao pousio.

Dessa maneira, a preocupação crescente com a sustentabilidade dos sistemas produtivos e a necessidade de reduzir o custo da lavoura arroseira têm exigido novas formas de disponibilizar nutrientes para as culturas como alternativa à adubação mineral (Scivittaro *et al.*, 2005). Neste cenário, as leguminosas com potencial de fixação biológica de N são promissoras para atender a essa demanda (Bortolini *et al.*, 2012), visto que o suprimento de N mineral por elas se torna importante para o arroz nas condições atuais.

## 2.7 Agricultura de precisão (AP)

### 2.7.1 Sensores proximais

Os avanços tecnológicos introduzidos nas lavouras pela AP estão auxiliando os produtores rurais em diversos setores da propriedade, desde a automação agrícola e acompanhamento de produtividade até a estimativa do status nutricional de plantas (Khanal *et al.*, 2017). Diversos tipos de informações podem ser gerados e utilizados para análise da lavoura, como imagens de satélite, imagens obtidas por Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs) e índices obtidos por sensores proximais de vegetação. Em contrapartida com as imagens aéreas e de satélites, esse sistema de sensores proximais prove informação de forma rápida a campo (Gutiérrez-Soto *et al.*, 2011).

Os sensores de vegetação proximais são classificados em dispositivos ativos e passivos. O primeiro tipo emite sua própria energia, sendo independente do sol, enquanto o segundo determina a reflectância da energia emitida pelo sol que atinge o dossel das plantas (Padilla *et al.*, 2018). Sensores ativos têm uma fonte de luz que emite radiação visível e NIR. Ao modular a fonte de luz, os sensores ativos podem distinguir a radiação refletida de sua própria fonte de luz daquela derivada da radiação ambiente (Solari *et al.*, 2008) e, portanto, os sensores ativos podem ser usados em quaisquer condições de irradiância, não sofrendo a interferência de dias nublados em suas medições (Fitzgerald, 2010; Nakano *et al.*, 2023). Com isso, eles são capazes de processar a radiação visível ou infravermelha emitida pelo instrumento, a partir da sua interação com o objeto alvo (Carvalho, 2019). Os dados de refletância do dossel são coletados remotamente (via sensor proximal) e interpretados através de um índice vegetativo, aumentando a rapidez de coleta de dados (Rehman *et al.*, 2019).

Muitos sensores proximais destacam-se para a avaliação do status nutricional das plantas. Através do índice fornecido pelo sensor, pode-se calcular o conteúdo de clorofila e a quantidade de N absorvida pelas plantas, e conseqüentemente, a quantidade de nitrogênio necessária para a cultura em um dado momento (Mahana *et al.*, 2022). Essas informações tornam-se úteis para indicar as doses de N a serem aplicadas à cultura dentro do ciclo (Motomiya *et al.*, 2009) e para prever o rendimento de grãos na safra (Ali *et al.*, 2020).

O sensor óptico GreenSeeker<sup>TM</sup> (GS) é classificado como um sensor óptico ativo, e está ganhando espaço devido à sua capacidade de contribuir para o diagnóstico rápido



e específico de muitas características das culturas a campo (Gutiérrez-Soto *et al.*, 2011). Desenvolvido pela Universidade de Oklahoma (EUA) na década de 1990, o sensor utiliza diodos de emissão de radiação nas faixas do vermelho (650 nm) e infravermelho próximo (770 nm), que são refletidos pela planta e captados pelo sensor, calculando a reflectância e fornecendo o valor do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), posteriormente utilizado para correlação com as variáveis de interesse (N TECH INDUSTRIES, 2023).

### 2.7.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Os índices de vegetação são gerados a partir da interação dos pigmentos fotossintéticos e da estrutura celular da planta com a radiação solar. Essa interação é dependente da absorção ou da reflectância da radiação e ocorre em duas bandas distintas. A primeira banda situa-se perto de 480 nm, devido à presença de carotenos e clorofilas, e a segunda próxima de 680 nm, que se relaciona à presença da clorofila e ao processo fotossintético. Desse modo, uma planta saudável absorve a maior parte da luz vermelha visível, que engloba esses dois comprimentos de onda. Esse fenômeno também explica a coloração verde das plantas, pela ocorrência de um pico de reflectância entre esses dois comprimentos de onda, correspondente à cor verde do espectro do visível.

Outro comportamento espectral da vegetação é a existência de uma região de alta reflectância entre 700 nm e 1300 nm, que está associada à estrutura celular interna da folha, que corresponde à faixa do infravermelho próximo (Figueiredo, 2005). Esse comprimento de onda é refletido pela estrutura celular da planta, o que permite inferir que quanto maior a atividade fotossintética de uma planta, mais denso é seu dossel e maior o teor de clorofila presente em suas folhas, repercutindo em maior reflectância na banda do infravermelho.

Os Índices de Vegetação (IV) das culturas são algoritmos baseados no sensoriamento remoto, que avaliam a cobertura vegetal de acordo com sua reflectância, e podem ser medidos através dos sensores remotos proximais. Dentre os IVs, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é o mais empregado, sendo comumente medido pelo sensor Greenseeker.

O NDVI é um modelo matemático que relaciona a reflectância das plantas, dado pela equação  $NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})}$ , onde  $\rho_{nir}$  e  $\rho_{red}$  são as reflectâncias no infravermelho

próximo e no visível, respectivamente, e o valor final varia de -1 a +1, por isso é chamado de normalizado. Os valores mais altos (entre 0,7 e 0,8) indicam plantas com maiores biomassa e teor de clorofila (Gutiérrez-Soto *et al.*, 2011).

O NDVI é um índice que permite integrar e analisar medições em tempo real, identificando a presença da vegetação verde com base na sua reflexão nas diferentes faixas de espectro de luz (Gutiérrez-Soto *et al.*, 2011). Desse modo, o objetivo geral do uso desse índice é melhorar a análise de informações sobre a vegetação com dados de sensoriamento remoto (Huang *et al.*, 2021). Por outro lado, uma das limitações comumente reconhecida do NDVI é a sua insensibilidade às mudanças no ambiente ou na biomassa da planta quando esses valores atingem um valor elevado, levando à saturação deste índice (Huang *et al.*, 2021).

Esse modelo é baseado na absorvância e na reflectância das plantas e isso é possível porque cada objeto terrestre absorve ou reflete a radiação diferentemente de acordo com cada faixa do espectro eletromagnético. Esta diferença é determinada pela variação na composição físico-química dos objetos, que faz com que cada alvo terrestre tenha sua própria assinatura espectral (Figueiredo, 2005). Os solos descobertos normalmente geram valores de NDVI entre 0,1 e 0,2, a água livre valores negativos, rochas e areia valores próximos de zero, enquanto que valores de -1 se encontram em superfícies brancas como a neve (Jones e Vaughan, 2010; Gutiérrez-Soto *et al.*, 2011).

Segundo Pettorelli *et al.* (2005), o NDVI é eficaz para diferenciar savana, floresta densa, campos não florestais e agrícolas. Além disso, consegue estimar várias propriedades da vegetação, incluindo o índice de área foliar (IAF) (Zhang *et al.*, 2019), biomassa (Zhu e Liu, 2015), teor de N na planta (Varinderpal-Singh *et al.*, 2022) e produtividade (Zhang *et al.*, 2019; Onwuchekwa-Henry *et al.*, 2022).

Dessa forma, considerando o comportamento espectral dos alvos, pode-se estimar o status nutricional das plantas em relação ao N pela modificação do comportamento da reflectância do dossel das plantas (Sembiring *et al.*, 2000), pois existe uma relação entre a reflectância na faixa do vermelho e a concentração de clorofila nas folhas (Gitelson *et al.*, 1996). O tecido vegetal normalmente absorve, aproximadamente, 90% da radiação visível (390 a 750 nm) e reflete em torno de 50% do NIR (750 a 1300 nm) (Knipling, 1970). O grau de absorção e refletância nas porções visível e NIR do espectro varia com o acúmulo de N na cultura, fornecendo, assim, informações sobre o status de N da cultura. As culturas que estão sofrendo com deficiência de N, refletem maior quantidade de radiação incidente na faixa do visível e menos na faixa do infravermelho próximo (NIR),

podendo ser diferenciadas das que estão bem supridas com esse nutriente (Padilla *et al.*, 2018).

Assim, quando as plantas estão sob algum estresse, há aumento na concentração de carotenoides, concomitantemente com uma redução na produção de clorofila, o que faz com que ela adquira coloração amarelada. Com a mudança de cor, ocorre uma menor absorção de energia pelas folhas (Young e Britton, 1990), levando a um aumento na reflectância visível que é captada pelo sensor, cujos valores são associados ao status nutricional da cultura. Quanto maior a biomassa da parte aérea, ou quanto melhor o status nutricional da planta, maior é a reflectância no infravermelho próximo e maior a quantidade de N presente nas folhas da planta (Read *et al.*, 2004).

Ademais, o teor de clorofila nas folhas e a estrutura dos tecidos do mesófilo não são constantes durante todo o ciclo da cultura e levam a diferenças na reflectância das radiações visíveis e NIR. Por exemplo Harrell *et al.*, (2011) desenvolveram vários modelos de previsão baseados no NDVI em milho, mas nenhum modelo funcionou para todas as fases de crescimento das culturas. Portanto, torna-se importante a estimativa do NDVI em diferentes estádios de crescimento da planta, visto que os valores são sensíveis à biomassa verde da cultura que, por sua vez, está relacionada ao potencial de produtividade (Varinderpal-Singh *et al.*, 2021).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **30.1 Caracterização do local de execução dos experimentos e da região de abrangência do presente estudo**

Dois experimentos foram conduzidos a campo na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA – IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, sendo um na safra de 2021/22 e outro na de 2022/23. As coordenadas geográficas do local de condução dos experimentos são: 29° 56' 38.05" S e 51° 7' 9.83" O.

O município de Cachoeirinha localiza-se na região fisiográfica Central do Rio Grande do Sul (RS), com altitude média de 6 m. O clima é subtropical de verão úmido quente, do tipo Cfa, conforme classificação climática de Köppen. A precipitação média anual em Cachoeirinha é de 1600 mm, variando entre 94,5 mm no mês de março até 144,2 mm no mês de setembro. A temperatura média mínima mensal do município é de 15°C, enquanto que as máximas se encontram em torno de 25°C (IRGA, 2021).

De acordo com os dados meteorológicos adquiridos da Estação Meteorológica Automática do IRGA, a quantidade de precipitação na safra do arroz irrigado (outubro a março) em 2021/22 foi de 587 mm e, em 2022/23, de 471,4 mm. Já as temperaturas médias foram de 24,2°C e 24°C para a primeira e segunda safra respectivamente, enquanto que as temperaturas mínimas foram de 18,8°C e 18,7°C, e as máximas de 29,7°C e 29,4°C. Os valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima durante o ciclo da cultura (da semeadura a colheita) está apresentados na Figura 1, enquanto os valores de radiação solar estão mostrados na Figura 2, para ambas as safras.

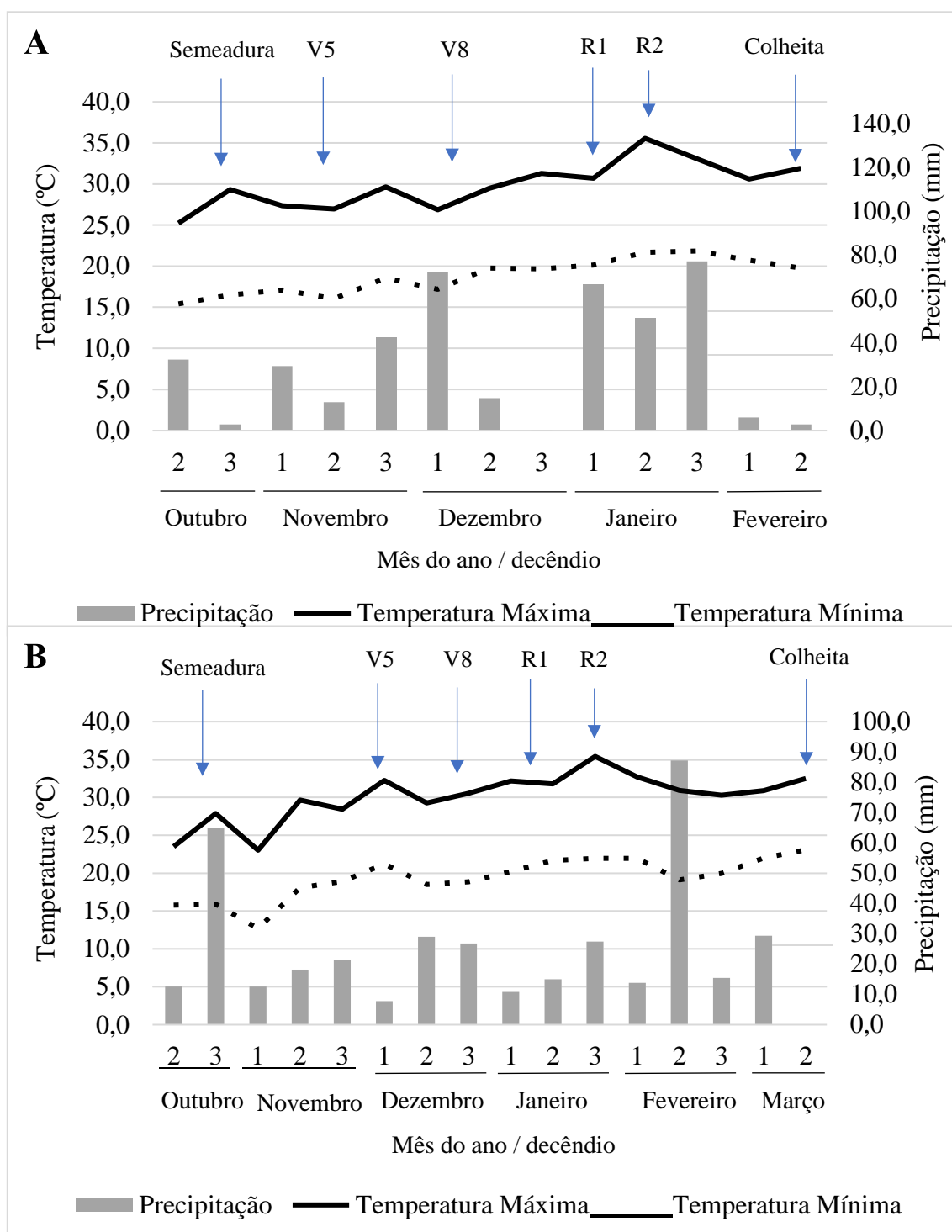


FIGURA 1. Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm) durante o ciclo da cultura do arroz irrigado, no município de Cachoeirinha/RS, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B).

V5: estágio de cinco folhas completamente expandidas; V8: estágio de oito folhas completamente expandidas; R1: diferenciação da panícula; R2: emborrachamento. (Counce *et al.*, 2000).

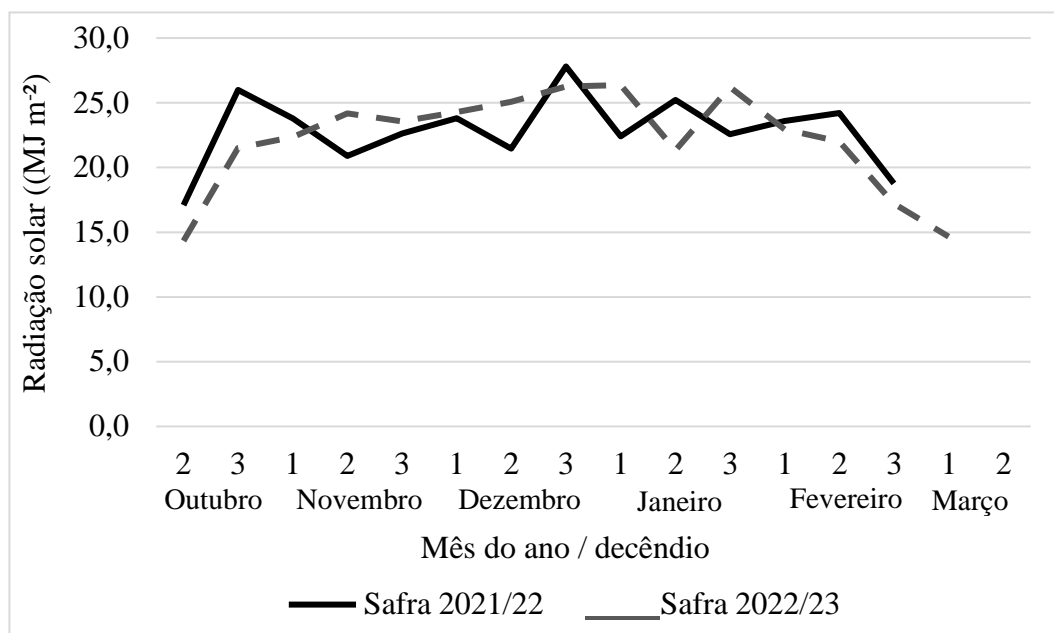


FIGURA 2. Radiação solar (MJ m<sup>-2</sup>) durante o ciclo da cultura do arroz irrigado, no município de Cachoeirinha/RS, nas safras 2021/22 e 2022/23.

O solo é caracterizado como Gleissolo Háptico Distrófico Típico, tipificado como solos pouco profundos, muito mal drenados e de cor acinzentada ou preta (STRECK *et al.*, 2008). Previamente à instalação dos experimentos, foi realizada a análise de solo, na camada de 0-20 cm, para determinação de atributos físicos e químicos para a recomendação de calagem e adubação do solo.

### 30.2 Caracterização dos experimentos

Utilizou-se a cultivar IRGA 424 RI no experimento conduzido na safra 2021/22 e na safra 2022/23. Previamente à semeadura do arroz, realizaram-se os manejos de entressafra, assim o experimento contou com parcelas semeadas com trevo persa e parcelas que permaneceram em pousio.

A semeadura do trevo persa, cultivar Lightning, foi realizada ao fim do mês de março, na densidade de 12 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, à lanço, em área previamente dessecada com glifosato (dose de 4 L ha<sup>-1</sup>). O pousio, composto de plantas espontâneas, apresentou predominância de azevém e capim-arroz. Os valores de precipitação durante o ciclo do trevo persa estão mostrados na Figura 3.

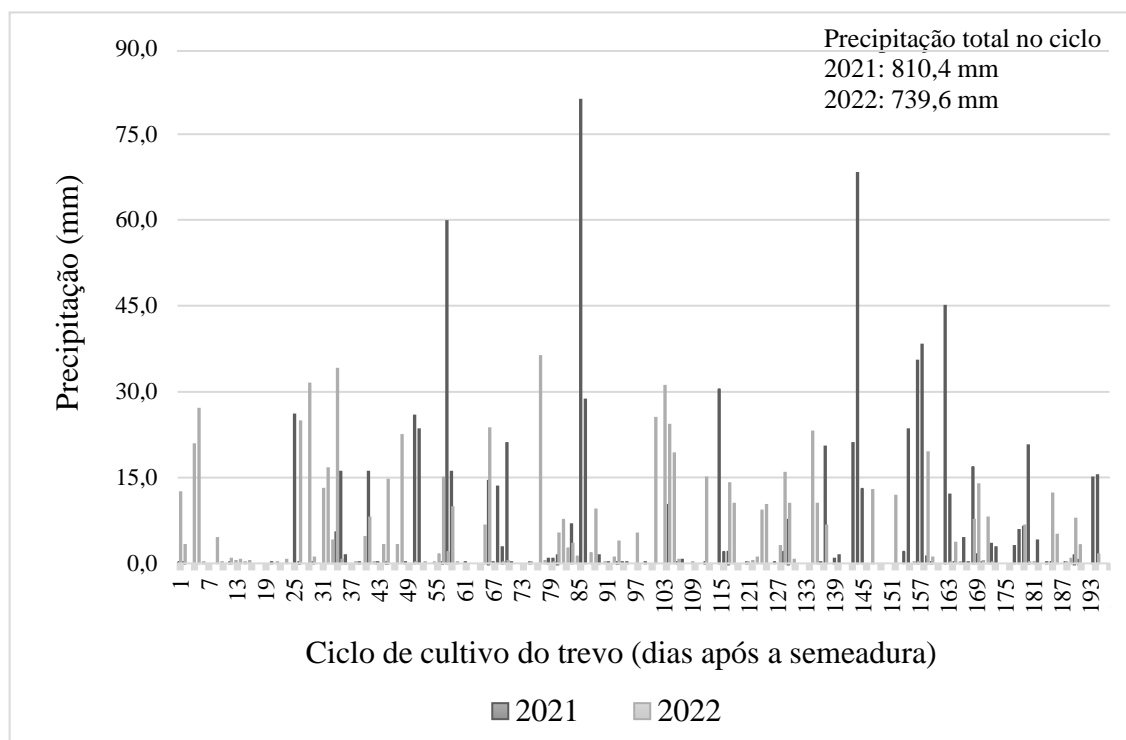


FIGURA 3. Precipitação total durante o ciclo de cultivo do trevo persa desde a semeadura até a semeadura do arroz irrigado para os anos de 2021 e 2022, Cachoeirinha, RS.

Na safra 2021/22, devido à baixa emergência de plântulas de trevo, foi realizada a ressemeadura a lanço em 16 de abril, manejo que não foi realizado na safra 2022/23. Juntamente com a semeadura do trevo persa, foi realizada a aplicação, a lanço, de KCl, na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), e de supertriplo (00-46-00), na dose de  $125 \text{ kg/ha}$  ( $57 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), em todas as parcelas do experimento. Nas parcelas deixadas em pousio na safra 2022/23 realizou-se a roçada quatro dias antes da semeadura do arroz, visando reduzir a vegetação espontânea na área, devido à grande quantidade de plantas que resistiram à aplicação dos herbicidas.

A semeadura do arroz irrigado foi realizada no dia 18 de outubro em ambas as safras, na densidade de  $100 \text{ kg}$  de sementes/ha, com sementes tratadas com Permit® Star (50 mL), Seeds (20 mL) e o inseticida Standak® (25 mL) no dia da semeadura. No momento da semeadura, realizou-se a aplicação de adubo supertriplo (00-46-00) ( $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Já a aplicação de cloreto de potássio (KCl) ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) foi realizada no ponto de agulha da cultura (aproximadamente quatro dias após a semeadura), em ambos os anos. As adubações de fósforo e potássio foram realizadas para expectativa de resposta à adubação muito alta.

A aplicação de N em cobertura foi parcelada, utilizando-se a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo a aplicação de 2/3 da dose no estágio V3 (três folhas completamente expandidas), seguida da imediata entrada de água, e 1/3 no estágio V7-V8 (sete/oito folhas completamente expandidas), segundo a escala de Counce *et al.* (2000).

### 30.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2x5+2, com cinco repetições, na safra 2021/22, e em esquema fatorial 2x4+2, com quatro repetições, na safra 2022/23. Os tratamentos foram compostos por dois fatores: época de dessecação do trevo persa (30, 20, 10, 0 dias antes da semeadura do arroz – DAS e no ponto de agulha) e adubação nitrogenada (sem N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N), mais dois tratamentos de pousio (com e sem aplicação de N no arroz, dessecado 30 dias antes da semeadura do arroz). Em 2022/23, não foi testada a época de dessecação no dia da semeadura. A unidade experimental foi composta por nove linhas de semeadura, com comprimento de 10 m (2021/22) ou 6 m (2022/23) e espaçamento entrelinhas de 0,17 m.

As dessecações aos 30, 20 e 10 DAS foram realizadas com a aplicação de herbicida Glifosato (4 L ha<sup>-1</sup>), juntamente com o herbicida Heat (80 g ha<sup>-1</sup>). Para a dessecação realizada no dia da semeadura, foram utilizados os herbicidas Glifosato (4 L ha<sup>-1</sup>), Dash (2 L ha<sup>-1</sup>) e Kifix (140 g ha<sup>-1</sup>). No ponto de agulha, foram utilizados os herbicidas Kifix (140 g ha<sup>-1</sup>), Gamit (1,5 L ha<sup>-1</sup>) e Glifosato (4 L ha<sup>-1</sup>). Em todas as aplicações, foi adicionado o adjuvante Dash (2 L ha<sup>-1</sup>). Os demais tratamentos culturais (controle de pragas e doenças) foram realizados conforme a necessidade, seguindo as indicações técnicas para o arroz irrigado (SOSBAI, 2022).

As épocas de dessecações foram realizadas nas datas descritas na Tabela 1.

TABELA 1. Datas da realização das dessecações do trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Época de dessecação	2021/22	2022/23
30 DAS <sup>1</sup>	17/09	13/09
20 DAS	27/09	23/09
10 DAS	07/10	03/10
0 DAS	18/10	<sup>2</sup>
Ponto de Agulha (PA)	22/10	21/10

<sup>1</sup>DAS: dias antes da semeadura.

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.



## **30.4 Variáveis analisadas**

### **30.4.1 Trevo persa**

#### **30.4.1.1 Biomassa seca da parte aérea do trevo persa, teor de N e quantidade de N acumulado na biomassa**

As coletas foram realizadas no momento da dessecação do trevo persa e no dia da semeadura do arroz, em área de 0,25 m<sup>2</sup>. Após secagem em estufa a 60°C por 72h, as amostras foram pesadas em balança analítica e o valor extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>. Na sequência, as amostras foram moídas, sendo então determinado o teor de N (%) nos tecidos vegetais pelo método de Kjeldahl (Tedesco *et al.*, 1985). Posteriormente, o teor de N foi multiplicado pela biomassa seca (kg ha<sup>-1</sup>), calculando-se a quantidade de N acumulado na biomassa da parte aérea do trevo persa (kg ha<sup>-1</sup>).

### **30.4.2 Arroz irrigado**

#### **30.4.2.1 Biomassa da parte aérea, teor de N e quantidade de N acumulado**

Foram realizadas coletas de plantas nos estádios V5 (cinco folhas completamente expandidas), V8 (oito folhas completamente expandidas) e R1 (diferenciação da panícula) (Counce *et al.*, 2000), em área de 0,25 m<sup>2</sup> (3 linhas de 0,5 m). Após secagem em estufa a 60°C por 72h, as amostras foram pesadas e o valor extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>. As amostras foram então moídas, sendo determinado o teor de N (%) nos tecidos vegetais pelo método de Kjeldahl (Tedesco *et al.*, 1985). Posteriormente, o teor de N foi multiplicado pela biomassa seca (kg ha<sup>-1</sup>), obtendo-se a quantidade de N acumulado na biomassa da parte aérea do arroz irrigado (kg ha<sup>-1</sup>).

#### **30.4.2.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)**

Foi utilizado o sensor óptico ativo Greenseeker, que permite a obtenção do NDVI pela relação entre as reflectâncias do dossel nas faixas do espectro eletromagnético do Infravermelho Próximo (770 ± 15 nm) e do Vermelho (650 ± 10 nm), dado pela relação  $(\rho_{ivp} - \rho_{vermelho}) / (\rho_{ivp} + \rho_{vermelho})$  (Rouse *et al.*, 1974). O índice varia de -1 a +1, sendo que

valores mais próximos a +1 indicam maiores quantidade de biomassa da planta e conteúdo de clorofila no dossel.

A coleta de dados foi realizada semanalmente, a partir do estágio V2 (duas folhas completamente expandidas) até o florescimento (estádio R4). O aparelho foi posicionado de forma paralela às linhas da cultura, em uma altura entre 0,8 e 1,0 m acima do topo do dossel. As leituras foram realizadas pelo deslocamento linear do equipamento sobre a unidade experimental, com largura útil captada pelo sensor de 0,7 m. Após o acionamento do sensor, ocorre a leitura de um ponto sobre o dossel a cada segundo, tendo-se, aproximadamente, 20 pontos medidos na extensão da parcela.

### **30.4.2.3 Produtividade de grãos e componentes do rendimento**

Foi realizada a colheita de área equivalente a 2 m<sup>2</sup> em cada parcela de forma manual com a utilização de foice e, após, avaliado o teor de umidade das amostras e quantificado o peso de grãos por unidade experimental, sendo esses valores extrapolados para rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), corrigindo-se a umidade das amostras para 130 g kg<sup>-1</sup>.

As análises de componentes de rendimento foram realizadas na área útil de colheita da parcela, quando as plantas atingiram o estágio de maturação plena. As variáveis analisadas foram: número de plantas por m<sup>2</sup> (contagem de plantas em quatro metros lineares), número de panículas por m<sup>2</sup> (contagem de panículas em dois metros lineares), número de grãos por panícula (contagem de grãos em dez panículas coletadas aleatoriamente na área útil da parcela), porcentagem de esterilidade de espiguetas (separação e contagem de espiguetas vazias e grãos cheios em dez panículas, sendo o valor de espiguetas vazias dividido pelo número total de espiguetas vazias mais os grãos cheios, e multiplicado por 100, resultando em valor percentual) e peso de 1.000 grãos (contagem e pesagem dos grãos de 10 panículas e o valor encontrado extrapolado para 1.000 grãos).

### **30.4.2.4 Eficiência agrônômica do uso do nitrogênio aplicado (EAN)**

A eficiência agrônômica do uso do N (EAN) (Baligar *et al.*, 1990) foi avaliada a partir da diferença entre o rendimento de grãos do tratamento que recebeu a aplicação nitrogenada de 150 kg N ha<sup>-1</sup> e o rendimento sem a aplicação de nitrogênio, dividido pela

quantidade de N aplicada, fornecendo, assim, o incremento na produção de grãos por unidade de N aplicado, sendo dado pela relação:  $EAN = \frac{(RF - RNF)}{QNA}$ , onde RF = produtividade de grãos das parcelas que receberam N; RNF = produtividade das parcelas sem N; e QNA = quantidade de N aplicado em relação ao tratamento testemunha (sem N).

### 30.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram previamente analisados para a presença de *outliers*. Após, foi realizado o teste da normalidade dos resíduos e de homogeneidade de variâncias e, com os pressupostos sendo atendidos, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Apresentando significância, as variáveis de biomassa e N acumulado foram avaliadas para os tratamentos de cobertura de outono-inverno, comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Para as análises de produtividade e componentes do rendimento, os dados foram submetidos à análise bifatorial, sendo o fator A a época de dessecação de cobertura de inverno (trevo persa) e o fator B as doses de N aplicadas, e comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Além disso, para as mesmas variáveis foi realizada a comparação entre a interação dos fatores AxB com o pousio sem N e o pousio com N, pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

Para os dados relacionados ao NDVI, realizou-se a análise de regressão entre os valores adquiridos pelo sensor e a produtividade em função de épocas de dessecação do trevo, através da metodologia de dados brutos. Também se realizou a curva de progresso de NDVI através dos valores deste índice avaliados ao longo do ciclo da cultura. O cálculo da área abaixo da curva de progresso do NDVI através da integral do gráfico, baseou-se na variável comumente estudada na fitopatologia de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Adaptando-se ao cálculo da curva de progresso do NDVI, realizou-se a integral do gráfico baseada no método de Simpson, com as leituras de NDVI em diferentes dias após a emergência das plantas de arroz. A área abaixo da curva foi calculada para cada tratamento e estes valores foram submetidos à análise de variância. Esses valores de área abaixo da curva de progresso do NDVI foram, então, correlacionados com a produtividade do arroz irrigado.

As análises estatísticas foram realizadas com apoio dos programas R (R Core Team, 2020) e SigmaPlot (Systat Software, Inc. SigmaPlot).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Variáveis analisadas no trevo persa

#### 4.1.1 Biomassa e acúmulo de nitrogênio do trevo persa

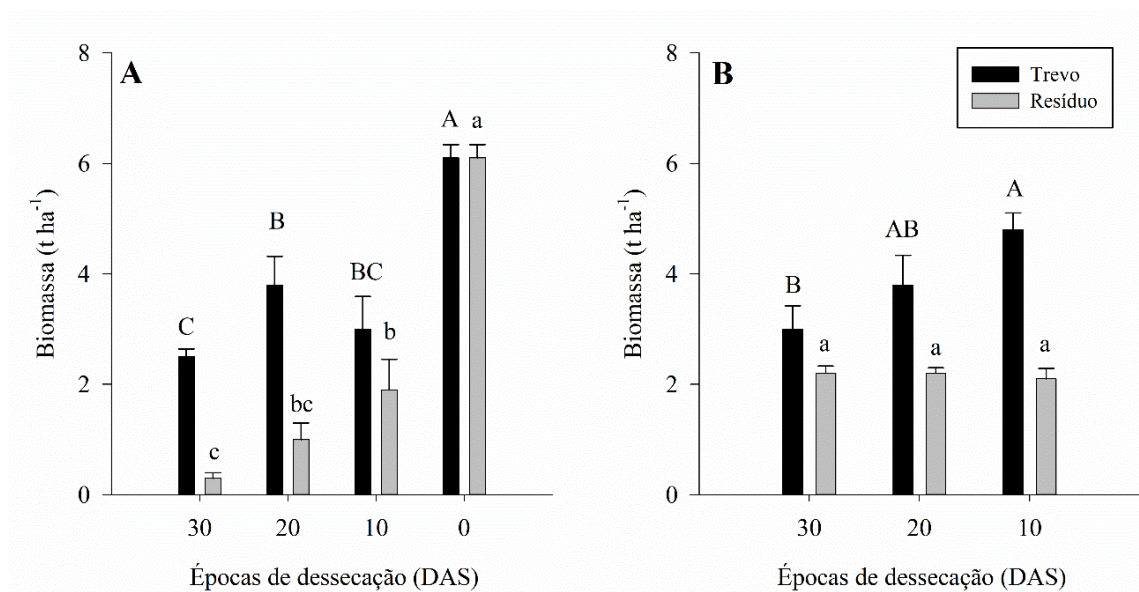
As análises da biomassa e do N acumulado foram utilizadas como alguns dos parâmetros para determinar a época ideal de dessecação do trevo persa nas condições estudadas. Dessa forma, considerou-se a matéria seca do trevo persa no dia da dessecação e a matéria seca do resíduo de trevo no dia da semeadura do arroz. Na safra 2021/22, a primeira dessecação (tratamento 30 DAS) ocorreu aos 173 dias após a semeadura do trevo persa e, na safra 2022/23, aos 169 dias.

A semeadura do trevo persa na época ideal, entre início de março e final de abril, no hemisfério Sul, leva a um melhor desenvolvimento das plântulas, observado pelo crescimento inicial acelerado, devido às temperaturas mais elevadas do início do outono (fim de março/início de abril), que se apresentam como condições adequadas para expressar seu potencial produtivo (Duarte *et al.*, 2015). À vista disso, as plantas de trevo permanecem mais tempo a campo, tendo maior tempo para desenvolvimento de biomassa adequada e, conseqüentemente, uma maior resistência às condições adversas do inverno, como baixas temperaturas e excesso hídrico.

A quantidade de biomassa do trevo persa, na safra 2021/22, apresentou maiores valores na dessecação no dia da semeadura do arroz (0 dias antes da semeadura – 0 DAS), com produtividade de 6,1 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4A). Na safra 2022/23, a maior biomassa foi observada no tratamento 10 DAS, com 4,8 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4B), já que não foi testada a época de aplicação no dia da semeadura do arroz. Isso ocorre pois, quanto mais tarde é realizada a dessecação da cultura, maior o tempo que ela permanece a campo, o que permite o desenvolvimento da biomassa até o momento da aplicação do dessecante.

Analisando-se o tratamento 10 DAS em ambas as safras, percebe-se que, no ano de 2021, esse valor ficou em torno de 3 t ha<sup>-1</sup>, enquanto que, em 2022, esse valor alcançou

quase 5 t ha<sup>-1</sup>. Esses resultados deixam claro a influência das condições ambientais no desenvolvimento do trevo, visto os valores mais elevados de biomassa encontrados na safra 2022/23, quando comparados à safra 2021/22, em um tempo de cultivo a campo praticamente igual. Altos valores de precipitação encontrados durante o desenvolvimento do trevo no inverno de 2021, aproximadamente 40% maior do que o registrado em 2022 (Figura 3) podem ter prejudicado o desenvolvimento do trevo persa, devido ao encharcamento do solo por períodos mais prolongados. Resultados semelhantes foram encontrados por Weinert *et al.* (2023), que observaram acúmulo entre 2,4 e 5,5 t ha<sup>-1</sup> de biomassa seca de trevo persa aos 145 dias de ciclo da cultura.



\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula (biomassa trevo persa) ou minúscula (biomassa resíduo) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

FIGURA 4. Biomassa seca da parte aérea do trevo persa no momento da dessecação e do resíduo no dia da semeadura do arroz irrigado, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.

<sup>1</sup> DAS: dias antes da semeadura.

<sup>2</sup> Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

Na safra 2021/22, percebe-se que a biomassa acumulada aos 10 DAS é cerca de 20% maior quando comparada ao tratamento de dessecação em 30 DAS (Figura 4A). Já na safra 2022/23, essas diferenças foram mais acentuadas, mostrando um aumento de, aproximadamente, 1,5 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca entre os tratamentos de 30 DAS e 10 DAS, correspondendo a 60% mais biomassa seca em um intervalo de 20 dias. Esse aumento considerável de biomassa pode ser explicado pelas maiores temperaturas do ar do mês de

outubro, que aceleraram o crescimento e o acúmulo de massa verde da cultura no fim do ciclo de cultivo.

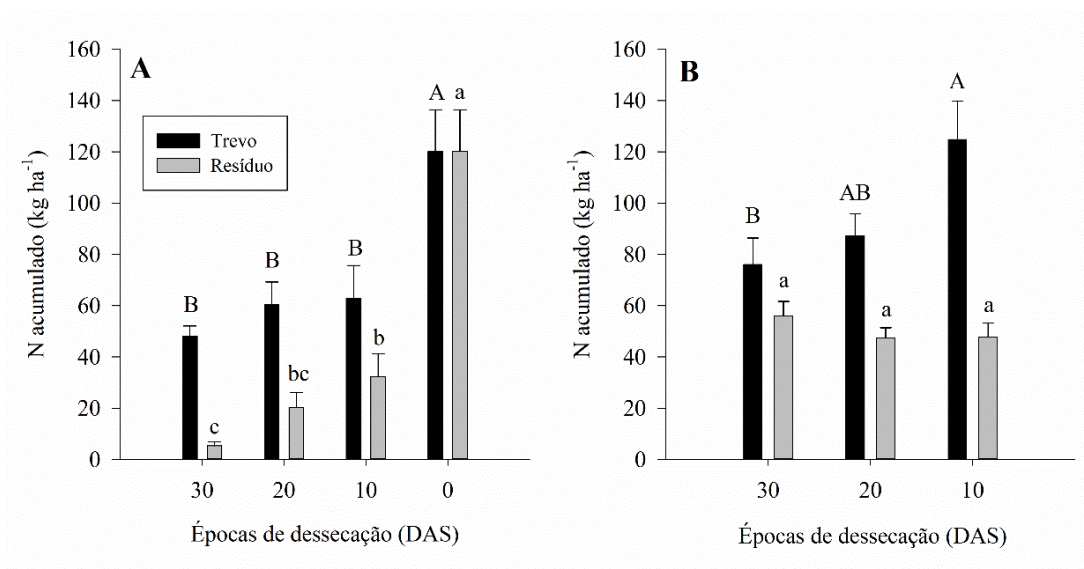
O resíduo refere-se à biomassa residual remanescente acima do solo no período entre a dessecação do trevo persa e o dia da sementeira do arroz. O comportamento do resíduo diferiu nos dois anos de estudo (Figura 4). Na safra 2021/22, houve uma degradação de biomassa que seguiu a tendência das épocas de dessecação do trevo, mostrando que, quanto maior o intervalo entre a dessecação e a sementeira, maior é a decomposição da biomassa acima do solo. No tratamento 30 DAS, houve uma decomposição de 88% da palhada, seguida da decomposição de 75% e 35% para os tratamentos 20 DAS e 10 DAS, respectivamente (Figura 4A). Esses resultados estão de acordo com os dados reportados por Da Rosa (2021), que constatou que, aos 28 dias após a dessecação do trevo persa, 66% da matéria seca havia sido decomposta.

Já na safra 2022/23, esse comportamento não foi observado, pois, no dia da sementeira, a quantidade de resíduo acima do solo não diferiu estatisticamente entre os tratamentos (Figura 4B). Nesta safra, houve atraso de cinco dias na sementeira do arroz (Tabela 1), devido às condições meteorológicas, aumentando cinco dias de degradação da palhada em todos os tratamentos e pode ter influenciado a decomposição da palhada. Além disso, as menores temperaturas do ar ocorridas entre a dessecação de 30 DAS até à sementeira do arroz na safra 2022/23 pode ter ajudado a reduzir a decomposição da cultura, visto que temperaturas mais amenas retardam os processos de decomposição no solo. Para este período, no ano de 2021, a temperatura média foi de 19,4°C, com temperatura mínima de 15°C e máxima de 23,9°C, enquanto que, no ano de 2022, a média foi de 18°C, com mínima e máxima de 13,6°C e 22,4°C, respectivamente.

Como visto, a decomposição dos resíduos costuma ser favorecida por temperaturas que variam de 20 a 25°C e frequentes precipitações (Espíndola *et al.*, 2006). O valor de precipitação para esse período entre o tratamento 30 DAS e a sementeira foi de 102,2 mm, em 2021, e 71,8 mm, em 2022. Já os valores de precipitação total para o ciclo do trevo persa em 2021 foram de 810,4 mm, enquanto que, em 2022, esse valor reduziu para 739,6 mm (Figura 3).

Na segunda safra, a porcentagem de degradação entre os tratamentos foi menor e não seguiu a tendência das épocas de dessecação, tendo apresentado 26%, 43% e 47% de degradação da biomassa entre a dessecação e a sementeira do arroz para os tratamentos de 30, 20 e 10 DAS, respectivamente (Figura 4B).

O nitrogênio é um dos principais nutrientes exigidos pelas culturas agrícolas e as suas perdas para o ambiente justificam a importância de se adotar novas formas de incremento de N no solo, além da adubação mineral. Ao avaliar a quantidade de N presente na biomassa do trevo persa, percebe-se que ela aumenta linearmente com o aumento da matéria seca da cultura em ambas as safras, podendo chegar à, aproximadamente, 120 kg ha<sup>-1</sup> de N acumulado (Figura 5).



\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula (biomassa trevo persa) ou minúscula (biomassa resíduo) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura.

**FIGURA 5.** Quantidade de N acumulado na biomassa seca do trevo persa no momento da dessecação e do resíduo no dia da semeadura do arroz irrigado, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS. Barras verticais indicam o desvio padrão da média.

Da mesma forma que a biomassa, quanto mais tarde se realiza a dessecação do trevo persa, maior o acúmulo de N na palhada, que pode ser justificado pelo maior crescimento da cultura devido às maiores temperaturas no mês de outubro, quando comparado aos meses anteriores. Conseqüentemente, quando a dessecação é feita com maior antecedência em relação à semeadura do arroz, menor é o acúmulo de N. Neste trabalho, o trevo persa apresentou uma capacidade de acumular nitrogênio que variou de 48 a 120 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que seu resíduo apresentou potencial de acúmulo de N para liberação subsequente que variou entre, aproximadamente, 5,4 a 60 kg ha<sup>-1</sup>, desconsiderando a dessecação realizada no dia da semeadura (Figura 5).



A quantidade de N acumulado no resíduo das plantas segue a tendência da degradação da palhada, diminuindo o N acumulado no resíduo conforme os processos de decomposição avançam. Na safra 2021/22, houve uma redução significativa na quantidade de N presente na palhada, justificada pela sua perda para o ambiente (Figura 5A). A menor perda de N ocorreu no tratamento 10 DAS, em que a quantidade de N presente na biomassa residual diminuiu de 62,77 kg ha<sup>-1</sup> (dia de dessecação) para 32,37 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5A), com uma perda de 49%. Já nos 20 DAS observou-se uma redução de 60,48 para 20,30 kg ha<sup>-1</sup> de N, apresentando uma redução de N na palhada de aproximadamente 66%, acumulando no dia da semeadura 12 kg de N a menos quando comparada à dessecação de 10 DAS (Figura 5A). Valores próximos foram encontrados por Da Rosa (2021), que concluiu que 60% do N presente na biomassa do trevo persa é liberado nos primeiros 28 dias da dessecação, resultado encontrado também por Ebertz (2021).

Na safra 2022/23, percebe-se que o N acumulado seguiu a tendência da biomassa, aumentando conforme maior o tempo que permaneceu a campo. Entretanto, ao avaliar a decomposição dos resíduos, percebe-se que não houve diferença estatística para biomassa entre os tratamentos, o que conseqüentemente refletiu no N acumulado, visto que o cálculo desta variável depende da biomassa. Além disso, o atraso da semeadura do arroz fez com que o tempo decorrido entre a dessecação do trevo e a coleta de biomassa do resíduo aumentasse, deixando a biomassa por mais tempo exposta aos processos de decomposição. Como já ressaltado, a maior degradação de biomassa ocorre nos primeiros dias após a dessecação das plantas, o que pode ter feito com que as dessecações mais tardias já estivessem se decompondo por mais tempo no momento da avaliação, enquanto as dessecações mais precoces já tivessem reduzido a velocidade desse processo, fazendo com que não houvesse diferença significativa entre os tratamentos.

Devido à baixa relação C/N do trevo persa, a decomposição da palhada é mais rápida e as perdas de N são maiores, diferentemente dos resíduos com alta relação C/N, que imobilizam o N no solo por mais tempo. Essa rápida decomposição sugere que a sua dessecação pode apresentar melhores resultados quando é realizada o mais próximo possível da semeadura do arroz irrigado. À vista disso, constatou-se que as quantidades de biomassa e de N acumulado aumentam gradativamente quanto mais tarde é feita a dessecação. Da mesma forma, quando se analisa os resíduos, percebe-se a importância de adequar o momento da dessecação para que não haja perda das funções da cultura de cobertura, como proteção do solo e ciclagem de nutrientes.

Em suma, quando a dessecação é realizada precocemente ocorre uma perda de N significativa para o ambiente. No presente trabalho, o tratamento de 10 DAS, nas duas safras, sofreu redução de 60 para 35 kg ha<sup>-1</sup> e de 120 para 50 kg ha<sup>-1</sup> de N acumulado na biomassa da parte aérea, respectivamente, perdendo para o ambiente cerca de 40% e 60% do N acumulado na palhada, respectivamente. Percebe-se uma perda maior no segundo ano, atribuído ao atraso na semeadura. Isso mostra que intervalos de dessecação maiores que isso tendem a perder mais N para o ambiente, devido à maior degradação da palhada ao longo do tempo.

## **4.2 Variáveis avaliadas no arroz irrigado**

Alguns estádios da cultura do arroz são estratégicos no manejo do N e por isso foram escolhidos para avaliação. O estádio V3 antecede o perfilhamento da cultura, que ocorre até o estádio V7-V8, e, nesse momento, a maior parte dos fertilizantes nitrogenados são aplicados, seguidos da entrada de água na lavoura, aumentando sua eficiência de uso (Anghinoni e Carlos, 2019). Costuma-se realizar a segunda aplicação de N na cultura para que a planta tenha recursos suficientes para os estádios finais do perfilhamento, que influencia diretamente o número de panículas m<sup>2</sup>, que é um componente do rendimento de grãos da cultura. Em V8, então, define-se o número potencial de panículas/m<sup>2</sup>, enquanto que, em R1, na fase reprodutiva (diferenciação da panícula), ocorre a definição do número real de panículas m<sup>2</sup>, ao mesmo tempo que se forma o número de grãos por panícula (segundo componente do rendimento) (Eugênio *et al.*, 2023).

Na safra 2021/22, o estádio V5 foi avaliado em 19/11, o estádio V8 em 7/12 e o estádio R1 em 23/12. Já na safra 2022/23, os estádios foram avaliados em 30/11, 14/12 e 10/01, respectivamente.

### **4.2.1 Produtividade de biomassa seca na parte aérea e acúmulo de nitrogênio**

Na safra 2021/22, o rendimento de matéria seca do arroz irrigado não apresentou interação significativa entre os fatores dose de N e épocas de dessecação para os estádios V5 e V8. O efeito simples do fator dose de N mostrou um maior rendimento de biomassa nas parcelas que receberam a aplicação de nitrogênio. Apesar de não haver diferença significativa entre as médias das épocas de dessecação, percebe-se que as dessecações em

20, 10 e 0 DAS foram as que tiveram alguma influência no aumento da biomassa de parte aérea do arroz irrigado. No estádio R1, houve interação significativa entre os fatores época de dessecação e dose de N, em que o rendimento de matéria seca do arroz irrigado variou de 4,9 t ha<sup>-1</sup> a 8,7 t ha<sup>-1</sup>. Sem a aplicação de N, o maior rendimento, de 6,3 t ha<sup>-1</sup>, ocorreu no tratamento 20 DAS, mostrando a influência positiva do trevo quando dessecado nesse momento (Tabela 2). Já com a presença de N, o menor rendimento foi de 7,6 t ha<sup>-1</sup> (tratamento 0 DAS) e a maior de 8,7 t ha<sup>-1</sup> (tratamento 30 DAS).

Na safra 2022/23, nenhum estádio de avaliação apresentou interação significativa entre os fatores, logo apenas os efeitos simples dos fatores foram avaliados (Tabela 2). No estádio V5, houve influência somente do fator época de dessecação. O arroz cultivado no tratamento 10 DAS apresentou a maior biomassa de 757,5 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que o tratamento PA (ponto de agulha) apresentou o menor valor, de 369 kg ha<sup>-1</sup>, isso mostra que, no início do ciclo da cultura, a dessecação do trevo persa a 10 DAS da semeadura pode aumentar o crescimento inicial da cultura.

No estádio V8, somente o fator dose de N apresentou influência, ou seja, os tratamentos que receberam N desenvolveram aproximadamente 75% mais biomassa quando comparado aos tratamentos que não receberam N. No estádio R1, a época de dessecação também afetou a quantidade de biomassa da cultura, seguindo o comportamento observado em V5, com a média da biomassa variando de 3,4 t ha<sup>-1</sup> (PA) a 6,5 t ha<sup>-1</sup> (10 DAS) (Tabela 2). Na safra 2022/23, o acúmulo de biomassa final foi menor, o que pode ser atribuído às condições meteorológicas do ano (Figura 1), que apresentou períodos de estiagem devido ao fenômeno “La Niña”. Isso levou à redução do nível dos açudes e a períodos de racionalização de água que, aliado às altas temperaturas, prejudicaram o desenvolvimento da cultura. Essa combinação de fatores ambientais aumenta o estresse oxidativo das plantas, que passam a direcionar sua energia para os processos de proteção das estruturas celulares, reduzindo sua capacidade de produzir biomassa.

TABELA 2. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, nos estádios V5, V8e R1<sup>1</sup>, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Estádio <sup>1</sup>	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
		30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
V5	0	152	147	148	156	145	150 b
	150	180	234	279	254	213	232 a
	Média	166 ns	190	213	205	179	
V8	0	1364	1443	1302	1493	1343	1389 b
	150	2695	2484	2262	2558	2184	2437 a
	Média	2030 ns	1964	1782	2026	1763	
R1	0	4933 Cb	6310 Ab	6036 ABb	5343 BCb	6012 ABb	5727
	150	8721 Aa	7812 ABb	8647 Aa	7647 Ba	8301 ABa	8226
	Média	6827	7061	7342	6495	7157	
Safr 2022/23							
Estádio <sup>1</sup>	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO				PA	Média
		30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>		
V5	0	340	562	679		338	472 ns
	150	655	618	836		400	627
	Média	498 AB	590 AB	758 A		369 B	
V8	0	1416	1618	1661		1366	1515 b
	150	2406	2769	2705		2569	2613 a
	Média	1913 ns	2194	2183		1967	
R1	0	3823	4755	5565		4395	4635 ns
	150	5673	6336	7533		8273	5528
	Média	4748 AB	5545 AB	6549 A		3482 B	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

A biomassa do arroz irrigado cultivado após o trevo persa foi comparada à biomassa atingida pelo arroz quando cultivado após pousio, com e sem a presença de N aplicado em cobertura, em três estádios distintos: V5 (Tabela 3), V8 (Tabela 4) e R1 (Tabela 5) para as duas safras.

Na safra 2021/22, no estádio V5, não houve interação significativa de época de dessecação e dose, avaliando-se os efeitos simples dos fatores. Comparando-se com a média do pousio sem N, a média observada para a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou diferença significativa, enquanto que a média dos tratamentos sem N não diferiu. À vista disso, no estádio V5 do arroz irrigado a presença do trevo persa por si só afeta a quantidade de biomassa que este produz, quando comparado ao tratamento de pousio sem N. Todavia, quando a presença do trevo é aliada à aplicação de N em cobertura, o desempenho da cultura, apesar de não apresentar diferença estatística com o pousio com

N, volta a se sobressair, alcançando média de 232 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa comparado aos 164 e 195 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa do pousio sem N e com N, respectivamente (Tabela 3).

Na safra 2022/23, a média do tratamento 10 DAS mostrou diferença significativa quando comparado ao pousio sem N, mas não do pousio com N (Tabela 3), mostrando que a aplicação de N nas parcelas cultivadas após o pousio iguala a quantidade de N suprido pelo trevo persa, limitando a influência da cultura de cobertura no desempenho do arroz. Não obstante, a dessecação da cultura de cobertura no momento adequado pode, principalmente em anos com condições adversas ou em momentos de limitação da adubação nitrogenada, melhorar o crescimento e desenvolvimento da biomassa da cultura do arroz quando comparado ao pousio.

TABELA 3. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estágio V5<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
DOSE	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	152	147	148	156	145	150 ns	164
150	180	234	279	254	213	232*	
Média	166 ns	190 ns	213 ns	205 ns	179 ns		
DOSE	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	152	147	148	156	145	150 ns	196
150	180	234	279	254	213	232 ns	
Média	166 ns	190 ns	213 ns	205 ns	179 ns		
Safra 2022/23							
DOSE	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	340	562	679		338	480 ns	379
150	655	618	836		400	628 ns	
Média	498 ns	590 ns	757*		369 ns		
DOSE	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	340	562	679		338	480 ns	552
150	655	618	836		400	628 ns	
Média	498 ns	590 ns	757 ns		369 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Ao se analisar a presença do trevo em comparação ao pousio sem N e com N no estágio V8 da cultura (Tabela 4), percebe-se, para ambas as safras, que o melhor momento

para a realização da dessecação do trevo é entre 20 e 10 dias antes da semeadura do arroz, visto que nesses tratamentos houve diferença significativa da biomassa do arroz irrigado quando comparado ao pousio sem N nos dois anos. Isso pode ser explicado por que, segundo estudo conduzido por Weinert (2021), observou-se que a maior taxa de liberação do N ocorreu aproximadamente de 30 a 40 dias após a dessecação do trevo persa, e este nutriente influencia o crescimento das plantas. Juntamente a isso, Ohyama (2010) observou que plantas de arroz cultivadas no Japão mostraram que cerca de 80% N é absorvido antes do florescimento na cultura e se mantém armazenado em partes vegetativas da planta, como folhas, raízes e caules e, quando a planta inicia o período reprodutivo, esse N é transportado para as panículas para enchimento de grãos.

No entanto, ao analisar-se esses tratamentos (20 e 10 DAS) com o pousio com N, a presença do trevo não afeta significativamente a biomassa seca produzida pelo arroz, pois não houve diferença significativa. Isso ocorre porque a aplicação de N em cobertura dilui o efeito do N suprido pelo trevo e aumenta o desempenho do arroz irrigado sob pousio, uma vez que há diferença estatística entre o pousio com N e os tratamentos de dessecação do trevo sem N em cobertura e vice-versa, em ambos os anos de cultivo. Ademais, percebe-se que, em ambos os anos de cultivo, a produção de biomassa neste estágio foi parecida, com uma pequena diferença a mais na safra 2022/23, reduzindo a discrepância observada no estágio V5 (Tabela 3).

TABELA 4. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estágio V8<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	1364	1443	1302	1493	1343	1389 ns	1159
150	2695	2484	2262	2558	2184	2437*	
Média	2029*	1964*	1782*	2026*	1763*		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	1364	1443	1302	1493	1343	1389*	2143
150	2695	2484	2262	2558	2184	2437 ns	
Média	2029 ns	1964 ns	1782 ns	2026 ns	1763 ns		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	1416,3	1618,5	1660,6		1365,7	1515 ns	1279
150	2409,2	2769,2	2705,2		2568,9	2613*	
Média	1913 ns	2194*	2183*		1967 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	1416,3	1618,5	1660,6		1365,7	1515*	2527
150	2409,2	2769,2	2705,2		2568,9	2613 ns	
Média	1913 ns	2194 ns	2183 ns		1967 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

No estágio R1 da cultura, na safra 2021/22, houve interação significativa dos fatores época de dessecação e dose (Tabela 5). Os tratamentos que não receberam aplicação de N e que apresentaram diferença significativa com o pousio sem N foram 20 DAS, 10 DAS e PA, mostrando a influência da época de dessecação do trevo na produção de biomassa da cultura, provavelmente devido aos benefícios que o trevo traz para o sistema quando comparado ao pousio, como proteção do solo, melhor estrutura e ciclagem de nutrientes. A importância da dessecação do trevo na época ideal, neste estudo entre 20 e 10 DAS, se comprova ao analisar os valores de biomassa do arroz irrigado destes tratamentos e compará-los ao pousio com N. Nota-se que os valores não diferiram entre si estatisticamente, o que permite inferir que a presença do trevo na entressafra do arroz dessecado entre 20 e 10 dias antes da semeadura do arroz apresenta o mesmo desempenho em relação à produção de biomassa que o arroz cultivado após o pousio que recebe N em cobertura.

Na safra 2022/23, não houve interação significativa dos dois fatores, e só se observou influência do fator dose ao comparar com o pousio (Tabela 5). Observou-se que a presença do trevo não gerou diferença estatística com os tratamentos de pousio com ou sem N, explicados, nesta safra, devido à quebra de safra apresentada pelo fenômeno “La Niña”, que afetou o desempenho da cultura devido à estiagem no período reprodutivo. Entretanto, ao analisar as médias de biomassa de cada época de dessecação, percebe-se a influência do trevo, principalmente na época de dessecação de 10 DAS, onde obteve-se a maior média, de aproximadamente 6,5 t ha<sup>-1</sup>, explicada então pelo sincronismo entre a dessecação da cultura de cobertura, a liberação de N pela decomposição da palhada e a melhor utilização desse nutriente pelo arroz irrigado. O trevo pode se mostrar uma ferramenta útil em anos desfavoráveis para a cultura, visto que a média dos tratamentos de trevo sem N tiveram um aumento de 1 t ha<sup>-1</sup> em comparação ao pousio, mesmo que não tenha havido diferença estatística entre eles.

TABELA 5. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de biomassa da parte aérea do arroz irrigadocultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio R1<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	4933 ns	6310*	6036*	5343 ns	6012*	5727	4780
150	8721*	7812*	8647*	7647*	8301*	8226	
Média	6827	7061	7342	6495	7157		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	4933*	6310 ns	6036 ns	5343*	6012 ns	5727	6505
150	8721*	7812*	8647*	7647*	8301*	8226	
Média	6827	7061	7342	6495	7157		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	3823	4755	5565		4395	4635 ns	3734
150	5679	6336	7533		8273	6954*	
Média	4748 ns	5545 ns	6549 ns		6334 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	3823	4755	5565		4395	4635*	7364
150	5679	6336	7533		8273	6954 ns	
Média	4748 ns	5545 ns	6549 ns		6334 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett (p<0.05).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.



Quanto maior é o acúmulo de N nos tecidos das plantas, seja em resposta à liberação do nutriente por uma cultura de cobertura ou pela aplicação de N sintético, há a maior produção de fotoassimilados pelas plantas, visto que esse nutriente faz parte da composição da clorofila, pigmento que absorve energia solar e inicia o processo de fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2017).

Em relação à quantidade de N acumulado na parte aérea do arroz irrigado, não houve interação significativa dos dois fatores testados nos estádios V5 e V8 na safra 2021/22 (Tabela 7). Ao se analisar os efeitos simples, a época de dessecação não afetou a quantidade de N acumulado nos estádios V5 e V8. Entretanto, apesar de não haver diferença significativa pelo teste de Tukey nas épocas de dessecação, no estádio V5 a combinação da adubação nitrogenada com a dessecação do trevo aos 10 DAS mostrou-se o manejo mais adequado, com uma média de N acumulado no arroz de 14,2 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6). Já ao analisar o fator dose isoladamente, nota-se que, para ambos os estádios, valores maiores de N acumulado foram atingidos quando houve a aplicação da dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, o que é um comportamento esperado.

No estádio de R1, na safra 2021/22, houve interação significativa dos fatores, sendo o tratamento de dessecação no PA com aplicação de N em cobertura o que resultou em maior acúmulo de N na biomassa do arroz. Nos tratamentos sem aplicação de fertilizante nitrogenado, os valores variaram de 60 a 73 kg ha<sup>-1</sup> de N acumulado (Tabela 6), com os maiores acúmulos de N nas dessecações aos 20 DAS e 0 DAS, e os menores acúmulos aos 30 DAS e 10 DAS, com PA apresentando um valor intermediário.

Na safra 2022/23, nenhum estádio apresentou interação significativa dos dois fatores e, por isso, os efeitos simples dos mesmos foram analisados. Ao avaliar a influência do fator época de dessecação, em nenhum estádio esse efeito foi significativo entre os tratamentos. Contudo, a época de dessecação que acumulou mais N na biomassa, foi o tratamento 10 DAS, com valores de 28,3, 51,2 e 93,1 kg ha<sup>-1</sup> nos estádios V5, V8 e R1 respectivamente. Já ao se analisar o efeito simples da dose, todos os estádios apresentaram maior acúmulo de N na biomassa quando houve a aplicação de N em cobertura.

Os valores de N acumulado no arroz irrigado em R1 na segunda safra foram menores quando comparados à primeira safra nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura, sendo que nos tratamentos com adubação mineral, o acúmulo foi maior (Tabela 6). Isso pode ser explicado pela menor biomassa desenvolvida pelo arroz nessa safra, quando comparada à safra 2021/22, que leva a uma maior concentração de N nos tecidos

da planta. Nesta segunda safra, observou-se um acúmulo de, aproximadamente, 70 kg de N na dessecação de 10 DAS no estágio R1 da cultura, mas apenas 50 kg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos de 30 DAS e PA para os tratamentos sem aplicação de N. Todavia, ao analisar o N acumulado nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada, estes valores variaram de 82 a 115 kg ha<sup>-1</sup>.

Além disso, observou-se que os estádios V5 e V8, na safra 2021/22, e todos os estádios do ano de 2022/23 não apresentaram interação entre os fatores, apresentando apenas o efeito simples de doses de N (Tabela 6). Este fenômeno pode ser explicado pelo fato de que, em doses mais elevadas de N aplicado em cobertura, o nutriente não passa mais a limitar o desenvolvimento da cultura, e outras variáveis se tornam limitantes, como a competição com plantas daninhas por radiação e por outros nutrientes presentes no solo. Isso é corroborado por Weinert *et al.* (2023), onde o impacto do uso do trevo persa foi menor em tratamentos com altas doses de N aplicado, tornando-se mais evidente com doses menores de N.

TABELA 6. Quantidade (kg ha<sup>-1</sup>) de N acumulado na parte aérea do arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo persa e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, nos estádios V5, V8 e R1, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
ESTÁDIO <sup>1</sup>	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
		30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
V5	0	5,4	5,2	5,2	5,9	5,8	5,5 b
	150	8,2	10,0	14,2	11,6	10,0	10,8 a
	Média	6,8 ns	7,6	9,7	8,8	7,9	
V8	0	29,7	31,3	28,8	34,2	30,1	30,8 b
	150	73,2	64,2	66,9	73,0	62,3	67,9 a
	Média	51,4 ns	47,7	47,9	53,6	46,2	
R1	0	60,7 Bns	72,4 Ans	60,0 Bb	73,4 Ans	69,4 ABb	67,2
	150	67,5 Bns	76,3 Bns	71,5 Ba	70,3 Bns	90,3 Aa	75,2
	Média	64,1	74,3	65,8	71,8	75,4	
Safra 2022/23							
ESTÁDIO <sup>1</sup>	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO				PA	Média
		30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>		
V5	0	10,5	16,2	17,6		10,4	13,7 b
	150	29,8	25,9	38,9		18,2	28,2 a
	Média	20,2 ns	21,0	28,3		14,3	
V8	0	31,6	31,2	34,1		27,8	31,2 b
	150	64,3	65,3	68,4		64,7	65,7 a
	Média	47,9 ns	48,3	51,2		46,2	
R1	0	50,3	58,7	71,9		50,9	57,9 b
	150	82,2	89,8	114,2		115,6	87,7 a
	Média	66,2 ns	74,3	93,1		57,8	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce et al. (2000).

<sup>2</sup> Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.  
DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Ao comparar a quantidade de N acumulado entre os tratamentos com trevo persa e pousio, observou-se que, de modo geral, a época de dessecação do trevo não apresentou influência no acúmulo de N no arroz irrigado no estádio V5 da cultura, em ambas as safras, como já comentado (Tabela 7). A influência da safra torna-se evidente quando se observa a média do pousio sem N e compara-se com a média dos tratamentos com trevo sem N, onde se obteve maior acúmulo de N no pousio na safra 2021/22, enquanto a safra 2022/23 apresentou comportamento contrário.

Como esperado, a aplicação de adubação em cobertura aumentou o N acumulado do arroz irrigado quando comparado à não aplicação de N mineral, tanto nas parcelas após trevo, quanto no pousio. Quando é feita a aplicação de N em cobertura no arroz após trevo e no arroz após pousio, o acúmulo de N na planta não difere estatisticamente, apesar da média ser maior nas parcelas cultivadas após o trevo persa, com uma diferença de 2 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2021/22 e 6 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2022/23.

TABELA 7. Quantidade (kg ha<sup>-1</sup>) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V5<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	5,4	5,1	5,2	5,9	5,8	5,5 ns	6,3
150	8,2	10,0	14,1	11,6	10,0	10,8*	
Média	6,8 ns	7,5 ns	9,6 ns	8,7 ns	7,9 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	5,4	5,1	5,2	5,9	5,8	5,5*	8,8
150	8,2	10,0	14,1	11,6	10,0	10,8 ns	
Média	6,8 ns	7,5 ns	9,6 ns	8,7 ns	7,9 ns		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	10,4	16,2	17,6		10,4	13,6 ns	10,1
150	29,8	25,8	38,9		18,2	28,2*	
Média	20,1 ns	21,0 ns	28,2 ns		14,3 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	10,4	16,2	17,6		10,4	13,6 ns	22,7
150	29,8	25,8	38,9		18,2	28,2 ns	
Média	20,1 ns	21,0 ns	28,2 ns		14,3 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

No estádio V8, a presença do trevo persa não afetou o acúmulo de N de forma significativa quando comparado ao pousio sem N, em ambas as safras, apesar de ter acumulado 5 e 7 kg ha<sup>-1</sup> a mais, respectivamente (Tabela 8). No entanto, ao analisar o efeito simples da “dose” em ambas as safras, nota-se que a aplicação de N iguala os tratamentos de época de dessecação com o pousio com N, mostrando que, quando o arroz recebe N em cobertura após o trevo, este valor se difere do pousio sem N, mas não do pousio com N, limitando a contribuição do N ciclado pelo trevo.

TABELA 8. Quantidade (kg ha<sup>-1</sup>) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio V8<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	29,7	31,2	28,8	34,2	30,1	30,8 ns	25,8
150	73,1	64,2	66,9	72,9	62,3	67,9*	
Média	51,4*	47,7*	47,9*	53,5*	46,2*		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	29,7	31,2	28,8	34,2	30,1	30,8*	63,1
150	73,1	64,2	66,9	72,9	62,3	67,9 ns	
Média	51,4 ns	47,7 ns	47,9 ns	53,5 ns	46,2*		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	31,5	31,2	34,0		27,7	31,1 ns	24,6
150	64,2	65,3	68,3		64,7	65,6*	
Média	47,9 ns	48,2 ns	51,2 ns		46,2 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	31,5	31,2	34,0		27,7	31,1*	66,6
150	64,2	65,3	68,3		64,7	65,6 ns	
Média	47,9 ns	48,2 ns	51,2 ns		46,2 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

No estádio R1, houve interação significativa entre os fatores época de dessecação e dose na safra 2021/22 (Tabela 9). Neste cenário, ao comparar os valores com o pousio sem N, nota-se que os tratamentos de 30 DAS e 10 DAS sem aplicação de N diferiram estatisticamente, com menor acúmulo de N na biomassa. Este não é um resultado esperado, visto que a presença do trevo persa na entressafra com a dessecação realizada em 10 DAS deveria gerar maiores valores de N acumulado na palhada por ser a melhor época para o sincronismo da liberação de N do trevo com a absorção pelo arroz irrigado.

Na safra 2022/23, os efeitos significativos foram os efeitos simples e, analisando-se as médias do fator dose em comparação ao pousio, nota-se que o pousio sem N, apesar de não diferir estatisticamente da média dos tratamentos sem N, teve um acúmulo de N inferior a este, com valores de  $39,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , em comparação aos  $57,9 \text{ kg ha}^{-1}$  da média dos tratamentos com trevo. No entanto, o pousio com N apresentou um acúmulo de aproximadamente  $106 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na biomassa do arroz no estádio R1, não diferindo estatisticamente da média dos tratamentos de trevo com aplicação de N, que resultou no acúmulo de cerca de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no arroz irrigado. Isso mostra que, com altas doses de aplicação de N em cobertura, a presença do trevo não interfere no acúmulo de N pela cultura do arroz irrigado, apresentando valores de N na biomassa praticamente iguais aos cultivados após trevo ou após pousio.

TABELA 9. Quantidade (kg ha<sup>-1</sup>) de N acumulado da parte aérea do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, no estádio R1<sup>1</sup>, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	60,6*	72,3 ns	60,0*	73,3 ns	69,4 ns	67,1	74,1
150	67,5 ns	76,3 ns	71,5 ns	70,2 ns	90,3*	75,1	
Média	64,0	74,3	65,7	71,8	79,8		
Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	60,6 ns	72,3 ns	60,0 ns	73,3*	69,4 ns	67,1	61,4
150	67,5 ns	76,3*	71,5 ns	70,2 ns	90,3*	75,1	
Média	64,0	74,3	65,7	71,8	79,8		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	50,2	58,6	71,9		50,8	57,9 ns	39,6
150	82,1	89,8	114,2		115,5	100,4*	
Média	66,2 ns	74,2 ns	93,0 ns		83,2 ns		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	50,2	58,6	71,9		50,8	57,9*	106,5
150	82,1	89,8	114,2		115,5	100,4 ns	
Média	66,2 ns	74,2 ns	93,0 ns		83,2 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

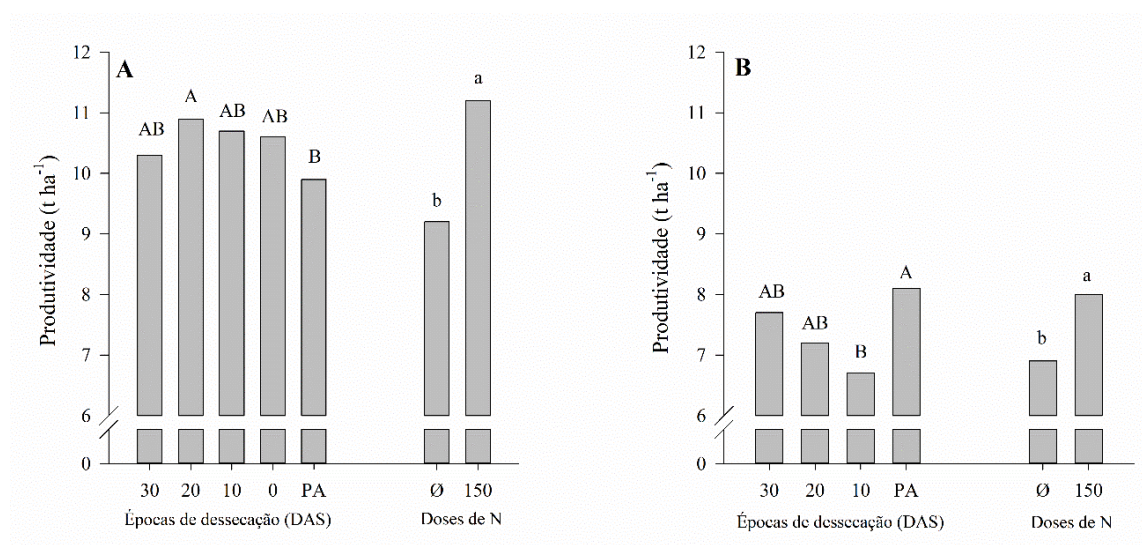
DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

#### 4.2.2 Produtividade de grãos

Na safra 2021/22, os fatores época de dessecação e dose de N não mostraram interação significativa e, por isso, analisaram-se os efeitos simples (Figura 6A). Os resultados mostram que a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N promove maior produtividade da cultura do arroz irrigado quando comparado ao cultivo sem aplicação de N, com valores de 11,2 e 9,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, independentemente da época de dessecação da cultura de cobertura. Já quando se compara as épocas de dessecação do trevo persa, este apresenta diferença significativa entre a dessecação de 20 DAS e a dessecação no PA, com valores médios de 10,9 e 9,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto as demais épocas obtiveram valores intermediários.

Na safra 2022/23 também não houve interação significativa dos fatores época de dessecação e dose de N (Figura 6B). Nesta safra, a produtividade teve um incremento de

quase 1,2 t ha<sup>-1</sup> devido à adição de N, independentemente da época de dessecação do trevo persa. Já a maior produtividade entre as épocas de dessecação do trevo foi no PA, com valores de 8,2 t ha<sup>-1</sup>, e a menor foi na dessecação aos 10 DAS, com produtividade de 6,7 t ha<sup>-1</sup>. Na safra 2022/23, houve redução do potencial produtivo devido à situação climática adversa, em que os índices pluviométricos foram inferiores do que o necessário para manter o armazenamento de água no solo e os reservatórios com níveis baixos para manter a distribuição uniforme nas áreas de cultivo (Figura 1B) (CONAB, 2023b). Esses fatores reduziram a expressão do potencial produtivo da cultura, o que manteve a produtividade abaixo da média esperada.



\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

FIGURA 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 (A) e 2022/23 (B), Cachoeirinha, RS.

Para comparar as produtividades de grãos da cultura do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa com o desempenho dos tratamentos de pousio, realizou-se a análise da significância entre esses tratamentos pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade (Tabela 10). Na safra 2021/22, as épocas de dessecação de 20, 10 e 0 DAS sem N em cobertura contribuíram com N ciclado para o arroz, aumentando o rendimento de grãos quando comparado ao tratamento de pousio sem N (Tabela 10), visto os valores mais elevados de 10,0, 10,0 e 10,1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, comparados à 8,3 t ha<sup>-1</sup> de rendimento do pousio sem N. Isso mostra que, em um cenário onde a aplicação de N

sintético não é possível, ou é limitada, a contribuição do trevo persa pode levar a um aumento de produtividade entre 1,7 e 1,8 t ha<sup>-1</sup>. Assim, considerando-se que, para a produção de 1 t de grãos, a planta de arroz deve absorver em torno de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, o aumento de 1,7-1,8 t ha<sup>-1</sup> de produtividade corresponde a uma contribuição de, aproximadamente, 47 kg ha<sup>-1</sup> de N, suprida pelo trevo persa. Esse efeito do trevo persa está relacionado à quantidade de N adicionada e liberada no solo durante a decomposição de seus resíduos culturais. No entanto, esse efeito fica menos evidente quando há aplicação de N nos tratamentos de pousio, pois a presença do N sintético eleva a produtividade do pousio, fazendo com que as médias de produtividade não diferissem estatisticamente (Tabela 10).

TABELA 10. Produtividade de grãos (t ha<sup>-1</sup>) do arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	9,3 ns	10,0*	10,0*	10,1*	9,5 ns	9,8	8,3
150	11,3*	11,8*	11,4*	11,0*	10,4*	11,2	
Média	10,3	10,9	10,7	10,6	9,9		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	9,3*	10,0*	10,0*	10,1 ns	9,5*	9,8	11,2
150	11,3 ns	11,8 ns	11,4 ns	11,0 ns	10,4 ns	11,2	
Média	10,3	10,9	10,7	10,6	9,9		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	6,9	6,6	6,2		7,8	6,9 ns	6,8
150	8,6	7,8	7,2		8,5	8,0 ns	
Média	7,7 ns	7,2 ns	6,7 ns		8,1 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>2</sup>	PA	Média	
0	6,9	6,6	6,2		7,8	6,9*	8,8
150	8,6	7,8	7,2		8,5	8,0 ns	
Média	7,7 ns	7,2*	6,7*		8,1ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Realizou-se essa mesma análise para a safra 2022/23, mas, neste caso, não houve interação dos fatores, então analisaram-se seus efeitos simples. Para o arroz cultivado após o pousio sem N, não houve diferença estatística da produtividade em comparação



com as produtividades médias com e sem N e nas diferentes épocas de dessecação (Tabela 10). Já ao analisar o pousio com N, percebe-se que ele apresentou diferença estatística para a média dos tratamentos sem N e para a média dos tratamentos 20 e 10 DAS, em que ambos apresentaram menor produtividade. É esperado que as parcelas que recebem N apresentem uma produtividade final maior, devido à importância que esse nutriente apresenta para os processos básicos da planta, que definem os componentes do rendimento e o enchimento de grãos.

O rendimento de grãos de arroz irrigado em sucessão a uma gramínea normalmente apresenta menor rendimento de grãos quando comparado à sucessão com leguminosas e, muitas vezes, quando comparado ao pousio (Menezes et al., 2001; Yu *et al.*, 2014). Vogeler *et al.* (2022) constataram que a inclusão de ervilhaca chinesa no sistema aumentou a produtividade do arroz em três dos quatro anos avaliados, alcançando produtividades de 7,2 t ha<sup>-1</sup> nas parcelas sem aplicação de N mineral. Neste estudo, na safra 2021/22, a média de produtividade do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa sem N em cobertura foi de 9,8 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a produtividade no tratamento de pousio sem N foi de 8,3 t ha<sup>-1</sup>.

Coombs *et al.* (2017) perceberam um efeito positivo na produtividade do milho em dois anos de cultivo quando cultivado após alfafa e trevo vermelho sendo que a presença de uma leguminosa (*Vicia* sp.) em substituição ao pousio aumentou o rendimento da cultura em cerca de 7%, enquanto que a substituição do pousio por uma não-leguminosa tendeu a reduzir a produtividade em 8% (Alvarez *et al.*, 2017). No presente trabalho, nota-se a influência positiva do trevo persa na produtividade do arroz irrigado na safra 2021/22, principalmente quando as parcelas não receberam N em cobertura. Já quando se observa a safra 2022/23, constata-se que a presença do trevo não teve influência na produtividade da cultura, visto que a média de produtividade do arroz irrigado sem adubação nitrogenada após o trevo ficou em 6,9 t ha<sup>-1</sup>, enquanto que a produtividade após pousio sem N ficou em 6,8 t ha<sup>-1</sup>.

Além disso, as condições adversas presentes na safra 2022/23 afetaram negativamente a produtividade do arroz irrigado no estado do RS, incluindo momentos de estiagem durante o ciclo da cultura. Segundo dados levantados pela CONAB (2023), a safra 2022/23 mostrou quebra de produção devido ao fenômeno “La Niña”, o que fez com que a média de produtividade do estado se mantivesse em 8,0 t ha<sup>-1</sup>, valores encontrados neste trabalho para os tratamentos que receberam N em cobertura. Dessa forma, a cultura apresentou dificuldades de desenvolvimento, o que acabou limitando sua

resposta ao nutriente e, dessa forma, reduziu a influência do trevo no desempenho do arroz sem aplicação de N em cobertura. Além disso, houve problemas de semeadura na safra 2022/23, com semeadora não eficiente e alta quantidade de palhada do resíduo no dia da semeadura, o que dificultou o estabelecimento inicial das plantas de arroz.

### **4.2.3 Componentes do rendimento de grãos**

Os componentes do rendimento de grãos do arroz analisados no presente trabalho foram o número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula, peso de mil grãos e esterilidade de espiguetas. No arroz, o componente panículas por metro quadrado é responsável por 80% da produtividade, tornando-se o principal componente para atingir altas produtividades (Yoshida, 1981).

#### **4.2.3.1 Número de plantas por metro quadrado**

O estande de plantas de arroz não apresentou interação significativa dos fatores em ambos os anos de estudo (Tabela 11), por isso analisou-se os efeitos simples dos tratamentos. A época de dessecação do trevo persa teve influência sobre o número de plantas por m<sup>2</sup> e percebe-se que isso está correlacionado com a velocidade de degradação da cultura e o quanto de resíduo estava presente na área no momento da semeadura do arroz. O tratamento com menor estande de plantas, para ambos os anos, foi quando o arroz irrigado foi semeado sobre o trevo que foi dessecado somente no estágio de ponto de agulha (PA), o que dificultou a semeadura e posterior emergência das plântulas, em função da quantidade de biomassa presente por ocasião da semeadura, tornando-se uma barreira física à semeadura.

Na safra 2021/22, o melhor estande de plantas foi com a dessecação a 30 DAS, totalizando uma média de aproximadamente 210 plantas m<sup>-2</sup>, enquanto a pior foi na dessecação em PA (170 plantas m<sup>-2</sup>), com os outros tratamentos com valores intermediários. Isso é esperado visto que a dessecação a 30 DAS apresentou maior degradação da biomassa acima do solo, o que facilitou a correta deposição das sementes na semeadura e facilidade para a emergência das plântulas. Para as doses, a ANOVA detectou uma diferença significativa entre os tratamentos, mas essa diferença não foi apontada pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Na safra 2022/23 houve diferença estatística entre as épocas de dessecação, no entanto o teste de Tukey classificou os tratamentos 30, 20 e 10 DAS como estatisticamente iguais. Isso é explicado devido à quantidade parecida de resíduo presente acima do solo no momento da semeadura nesses tratamentos, que facilitou a semeadura e emergência do arroz quando comparado ao tratamento de PA, em que há a semeadura do arroz em cima do trevo persa.

TABELA 11. Estande de plantas do arroz irrigado cultivado nas safras 2021/22 e 2022/23, em função das épocas de dessecação do trevo persa e aplicação ou não de adubação nitrogenada.

SAFRA	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
		30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
2021/22	0	207	204	198	188	179	195 a
	150	211	188	182	172	160	183 a
	<b>Média</b>	209 A	196 AB	190 AB	180 AB	170 B	
SAFRA	DOSE	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média
2022/23	0	113	103	144		86	111 b
	150	152	164	138		105	139 a
	<b>Média</b>	132 AB	133 AB	141 A		95 B	

\*Médias seguidas por letras iguais na linha e na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

<sup>1</sup> Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

O estande de plantas nos tratamentos de trevo persa para a safra 2021/22 quando comparado aos tratamentos de pousio tiveram um desempenho inferior, independente da dose de nitrogênio aplicada. Isso pode ser explicado por que os tratamentos com menor quantidade de resíduo de trevo favoreceram a semeadura e o estabelecimento inicial das plantas. Já os tratamentos em que havia maior quantidade de palhada do trevo houve um menor estande de plantas, ficando em uma média de 180 plantas m<sup>2</sup> enquanto os tratamentos de pousio sem N e pousio com N tiveram uma média de 234 plantas m<sup>2</sup> (Tabela 12), justificados justamente pela realização da dessecação a 30 dias antes da semeadura e pela menor palhada acima do solo.

TABELA 12. Estande de plantas do arroz irrigado cultivado nas safras 2021/22 e 2022/23, em função dos diferentes tratamentos de cobertura de solo e aplicação de adubação nitrogenada em comparação o pousio sem N e pousio com N, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	207 ns	205 ns	198 ns	188*	179*	195	241
150	211 ns	188*	183*	172*	160*	183	
Média	209	196	190	180	170		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	207	205	198	188	179	195	227
150	211	188	183	172*	160*	183	
Média	209	196	190	180	170		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	113 ns	103 ns	144*		86 ns	111	53
150	152*	164*	138*		105 ns	139	
Média	132,87	133	141		95		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	113 ns	103 ns	144*		86 ns	111	69
150	152*	164*	138*		105 ns	139	
Média	132	133	141		95		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Analisando-se a safra 2022/23, observa-se um estande muito baixo de plantas para os tratamentos de pousio em comparação aos tratamentos com trevo, independentemente do fator dose (Tabela 12). Esse comportamento contrário ao observado na primeira safra está associado a escapes de azevém na dessecação dessas parcelas aliado à um excesso de palhada presente na lavoura. Nessa área, observou-se uma elevada densidade de plantas espontâneas, o que exigiu que estas fossem roçadas 4 dias pré-semeadura. Essa grande biomassa, composta majoritariamente de gramíneas, pode ter demorado mais a se decompor e dificultado a emergência das plântulas.

O efeito significativo das culturas de cobertura na densidade de plantas é observado em diversos estudos, isso por que a presença de plantas de cobertura prejudica o estande inicial por ser uma barreira física ao crescimento e desenvolvimento das plântulas. Além disso, quando a biomassa presente acima do solo é muito densa, pode dificultar a entrada de luz e aumentar a umidade presente no solo, levando à morte das plântulas e reduzindo a densidade inicial da cultura. Na safra 2021/22 observou-se um

maior estande de plantas nos tratamentos de pousio quando comparado ao arroz semeado após o trevo persa, mostrando o possível efeito negativo da cobertura de solo no estabelecimento inicial, o que é corroborado por Menezes *et al.* (2001) e Marchesi *et al.* (2011). Já na safra 2022/23 observou-se o comportamento contrário, onde o menor estande de plantas ocorreu nas áreas de pousio, que pode ser justificado por falhas na dessecação das plantas espontâneas e alta quantidade de biomassa residual presente, mesmo com a realização da roçada mecânica na área, resultando em uma menor densidade da cultura, que também foi observado por Luz *et al.* (2018).

Além disso, a alta precipitação da semeadura à emergência das plântulas de arroz pode afetar o estabelecimento inicial da cultura, visto que a palhada age como um obstáculo físico à perda de umidade do solo, diminuindo a emergência de plântulas de arroz (Luz *et al.*, 2018). Na segunda safra, no subperíodo semeadura-emergência, foi constatada uma maior precipitação quando comparada a safra 2021/22, com valores de 30 mm e 2,8 mm, respectivamente.

Assim, as condições ambientais apresentam influência no estabelecimento inicial da cultura, mas o maior efeito é causado pelo sistema de cultivo adotado. O sistema convencional (sem plantas de cobertura) é o que, teoricamente, proporciona melhores condições para a semeadura e emergência de plântulas.

#### **4.2.3.2 Número de panículas por metro quadrado**

O número de panículas por metro quadrado da cultura depende do estande de plantas e do número de panículas por planta, ou seja, da capacidade de perfilhamento da cultivar que, no caso da IRGA 424 RI, é alta (Lopes *et al.*, 2015). Para altas produtividades (em torno de 12 a 13 t ha<sup>-1</sup>), o valor ideal de panículas m<sup>-2</sup> é em torno de 550 (Pegoraro *et al.*, 2022).

Para nenhuma safra foi observada significância na interação dos fatores e, por isso, analisaram-se os efeitos simples da época de dessecação e da dose (Tabela 13). Na safra 2021/22, os tratamentos que receberam a aplicação de N tiveram maior número de panículas m<sup>-2</sup> quando comparados aos tratamentos sem aplicação nitrogenada. Este resultado é esperado e está de acordo com Luz *et al.* (2018) e Weinert *et al.* (2023), que concluíram que o número de panículas m<sup>-2</sup> aumenta conforme o incremento das doses de N. Já entre as épocas de dessecação, o teste F detectou diferença significativa entre os tratamentos, mas estas não foram apontadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (Tabela 13).

Na segunda safra, não houve efeito significativo da adubação nitrogenada neste componente de rendimento, o que indica o efeito meteorológico do ano, com temperaturas mais elevadas durante o ciclo da cultura que, associadas à estiagem, reduziram a taxa fotossintética do arroz e aumentaram o estresse da planta, diminuindo sua responsividade ao nutriente. Já o fator épocas de dessecação teve influência, com o melhor desempenho no tratamento 30 DAS, com valor médio de 625 panículas m<sup>-2</sup> e o menor número de panículas m<sup>-2</sup> ocorreu no tratamento 10 DAS, com uma média de 458 panículas m<sup>-2</sup>. Esse componente apresenta forte relação com a densidade inicial de plantas, e, apesar do arroz apresentar capacidade de perfilhamento, esta é limitada, e não consegue compensar o baixo rendimento ocasionado pela baixa densidade inicial de plantas.

O número de panículas m<sup>-2</sup> é o principal componente de rendimento de grãos para a cultura do arroz (Mariot *et al.*, 2003), e sua definição ocorre no fim do perfilhamento da cultura, entre os estádios V7-V8. A cultivar IRGA 424 RI apresenta maior número de panículas por área quando comparado a outras cultivares (Wolter *et al.*, 2019). No presente estudo, o número de panículas m<sup>-2</sup> foi responsável pela maior produtividade encontrada na safra 2021/22 e, na safra 2022/23, as condições desfavoráveis do fenômeno “La Niña” podem explicar a diminuição do número de panículas m<sup>-2</sup> em comparação a safra 2021/22.

TABELA 13. Número de panículas por metro quadrado de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa, em função das épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
0	557	630	573	445	437	528 b
150	690	724	721	713	762	722 a
Média	624 ns	677 ns	647 ns	579 ns	600 ns	
Safra 2022/23						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	
0	578	445	494		469	496 ns
150	673	566	423		574	559 ns
Média	625 A	505 AB	458 B		521 AB	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0.05). ns = não significativo.

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Na safra 2021/22, quando comparado ao pousio com N e sem N, não houve interação significativa dos fatores e, dessa forma, analisaram-se os efeitos simples da época de dessecação e dose. Ao analisar as médias obtidas nas diferentes épocas de dessecação, apenas o tratamento 20 DAS apresentou diferença significativa quando comparado ao pousio sem N (Tabela 14), com maior número de panículas  $m^{-2}$ . Ao analisar a média das doses de N, as parcelas que receberam N obtiveram também maior número de panículas  $m^{-2}$  em comparação com o pousio sem N. Já ao comparar estes resultados ao tratamento de pousio com N, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos época de dessecação com a média do pousio com N, o que permite inferir que o N liberado pelo trevo persa acaba se equiparando ao N sintético aplicado no pousio. Já ao analisar o fator dose, nota-se que a presença da adubação em cobertura eleva o número de panículas do arroz, independentemente do manejo pré-semeadura e, que apesar do arroz após o trevo apresentar numericamente mais panícula  $m^{-2}$  do que o arroz após pousio, esses valores não diferiram estatisticamente (Tabela 14).

TABELA 14. Número de panículas por metro quadrado de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	557	630	573	445	437	528 ns	509
150	690	724	721	713	762	722*	
Média	624 ns	677*	647 ns	579 ns	600 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	557	630	573	445	437	528*	679
150	690	724	721	713	762	722 ns	
Média	624 ns	677 ns	647 ns	579 ns	600 ns		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	578	445	494		469	496 ns	388
150	673	566	423		574	559*	
Média	625*	505 ns	458 ns		521 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	578	445	494		469	496 ns	447
150	673	566	423		574	559 ns	
Média	625*	505 ns	458 ns		521 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.  
DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Na safra 2022/23, não houve interação significativa dos fatores (Tabela 14). No entanto, ao analisar o efeito simples, percebe-se que o fator dose afeta o número de panículas do arroz quando comparado ao pousio sem N. Ademais, o efeito da época de dessecação é observado na dessecação de 30 DAS, em que a média de panículas por m<sup>2</sup> diferiu tanto do pousio sem N como do pousio com N. Nesta safra, apesar de não haver significância, a média dos tratamentos com a presença do trevo sem N desenvolveu 108 panículas a mais em comparação ao pousio sem N e 49 panículas a mais em comparação ao pousio com N. Isso mostra os benefícios da presença de uma cultura de cobertura que, principalmente em anos climaticamente adversos, pode favorecer a cultura quando comparado ao manejo de pousio.

Por fim, percebe-se que, na safra 2021/22, o melhor tratamento para aumentar o número de panículas m<sup>-2</sup> seria a dessecação entre 20 e 10 DAS com a aplicação em cobertura da dose de N. No entanto, na segunda safra, esse comportamento não foi observado, sendo o melhor desempenho alcançado pela dessecação a 30 DAS com aplicação de N em cobertura.

#### **4.2.3.3 Número de grãos por panícula**

Para a variável número de grãos por panícula, na safra 2021/22 houve interação significativa entre os fatores, enquanto que, em 2022/23, não foi observada interação e nem efeito simples dos tratamentos (Tabela 15). Na safra 2021/22, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, os tratamentos 30 e 20 DAS tiveram desempenho inferior quando comparado às outras épocas de dessecação. Através disso pode-se inferir que dessecações mais próximas da semeadura do arroz levam a liberações de N mais tardias, que podem afetar positivamente o número de grãos por panícula. Já entre as doses de N, as dessecações de 0 DAS e PA tiveram um desempenho inferior nos tratamentos sem N, enquanto não houve diferença entre as doses para as outras épocas.

Dessa forma, percebe-se que o número de grãos por panícula do arroz aumenta conforme maior é a disponibilidade de N para a cultura no momento de definição deste componente do rendimento. Esse resultado também foi encontrado por Jandrey (2008), que relatou o aumento do número de grãos por panícula quanto maior a dose de N aplicada.



TABELA 15. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safrá 2021/22						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
0	67,0 Aa	69,3 Aa	69,6 Aa	67,8 Ab	69,8 Ab	68,7
150	58,8 Ca	64,6 BCa	75,5 ABa	81,7 Aa	82,4 Aa	72,6
Média	62,9	66,9	72,5	74,8	76,1	
Safrá 2022/23						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	
0	77,6	67,8	71,4		71,8	72,1 ns
150	73,7	74,5	82,4		75,5	77,3 ns
Média	75,9 ns	71,1 ns	76,9 ns		75,1 ns	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

<sup>1</sup>Na safrá 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha

O número de grãos por panícula é o segundo componente do rendimento, definido na fase reprodutiva (R1 a R4). Nesta fase, é importante que a planta não sofra estresses por baixa temperatura (menores que 20°C) ou deficiência de nutrientes. No presente estudo as condições climáticas se mostraram adequadas, havendo pouca ou nenhuma influência de baixas temperaturas neste componente do rendimento (Figura 1). Segundo Pegoraro *et al.* (2022), a faixa ideal de grãos por panícula varia de 88,3 a 118,5, com valor ótimo em torno de 103 grãos por panícula.

O estande de plantas interfere diretamente no número de panículas m<sup>-2</sup>, que por sua vez, é inversamente proporcional ao número de grãos por panícula. Dessa forma, quando há lavouras com alta população de plantas, menor é o perfilhamento da cultura, ou seja, menor é o número de panículas por área, que ocasiona um maior número de grãos por panícula. Desse modo, quanto maior o número de panículas por m<sup>2</sup>, menor será o desenvolvimento de grãos por panícula buscando a compensação entre os componentes do rendimento. Segundo Höfs *et al.* (2004), essa redução está associada aos acréscimos na população de plantas por m<sup>2</sup>.

Para corroborar essa afirmação, percebe-se que, na safrá 2022/23, o valor mais elevado de grãos por panícula ocorreu no tratamento 10 DAS com aplicação de N, com valor de 82,4 grãos por panícula. Ao analisar o número de panículas m<sup>-2</sup> desse mesmo

tratamento (Tabela 13), percebe-se que ele apresentou o menor valor entre todos os tratamentos, com 423 panículas m<sup>-2</sup>.

Na comparação dos tratamentos com o pousio sem N e com N, não houve interação significativa e nem efeito simples dos fatores para ambos os anos (Tabela 16). Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, percebe-se em ambas as safras, que o número de grãos por panícula foi inversamente proporcional ao número de panículas m<sup>-2</sup> (Tabela 13), atingindo maiores valores nos pousios da safra 2022/23, que apresentaram menores números de panículas por área.

TABELA 16. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de épocas de dessecação do trevo e dos níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	67,0	69,3	69,6	67,8	69,8	68,7 ns	71,7
150	58,8	64,6	75,5	81,7	82,4	72,6 ns	
Média	62,9 ns	66,9 ns	72,5 ns	74,8 ns	76,1 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	67,0	69,3	69,6	67,8	69,8	68,7 ns	74,6
150	58,8	64,6	75,5	81,7	82,4	72,6 ns	
Média	62,9 ns	66,9 ns	72,5 ns	74,8 ns	76,1 ns		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	77,6	67,8	71,4		71,8	72,1 ns	78,2
150	73,7	74,5	82,4		75,5	77,3 ns	
Média	75,9 ns	71,1 ns	76,9 ns		75,1 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	77,6	67,8	71,4		71,8	72,1 ns	85,4
150	73,7	74,5	82,4		75,5	77,3 ns	
Média	75,9 ns	71,1 ns	76,9 ns		75,1 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

#### 4.2.3.4 Peso de mil grãos

Para a variável peso de mil grãos, houve interação significativa dos dois fatores para a safra 2021/22 (Tabela 17). Dentro dos tratamentos sem aplicação de N no arroz irrigado, a época de dessecação do trevo que resultou em maior peso de grãos foi aos 10 DAS, enquanto as outras épocas não diferiram entre si e resultaram em menor peso de

grão. Ao se analisar as parcelas com aplicação de N, percebe-se que não houve diferença estatística nesta variável entre as épocas de dessecação.

Já na safra 2022/23, não houve interação significativa dos fatores épocas de dessecação do trevo e doses de N no arroz e, por isso, analisou-se a influência dos fatores simples (Tabela 17). Ao se analisar as épocas de dessecação, percebe-se que o teste F acusou diferença estatística, mas esta não foi percebida pelo teste de Tukey e, por isso, conclui-se que não houve diferença significativa entre o peso de mil grãos nas diferentes épocas de dessecação do trevo. Este resultado também foi observado por Jandrey (2008), Nie *et al.* (2019) e Vogeler *et al.* (2022), e pode ser explicado pela baixa influência do manejo pré-semeadura neste componente do rendimento, visto que o peso de mil grãos é fortemente influenciado pela genética da planta e é o componente mais estável da cultura do arroz (Yoshida, 1981),

Na cultivar IRGA 424 RI, utilizada no presente estudo, o peso de mil grãos é estimado em 25 g (Lopes *et al.*, 2015). Observa-se, dessa forma, que o peso de mil grãos nos dois anos do experimento ficou abaixo do esperado para a cultivar. Apesar disso, no primeiro ano a produtividade foi compensada pelo número de panículas por área adequado para altas produtividades (Tabela 13).

TABELA 17. Peso (g) de mil grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
0	23,1 Bb	23,6 Ba	24,6 Aa	23,5 Ba	23,2 Ba	23,6
150	23,9 Aa	23,9 Aa	23,8 Ab	23,9 Aa	23,7 Aa	23,8
Média	23,5	23,7	24,2	23,7	23,4	
Safra 2022/23						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
0	23,8	24,5	24,1	-	23,7	24,1 ns
150	24,2	24,2	24,3	-	23,8	24,1 ns
Média	24,0 ns	24,4 ns	24,2 ns	-	23,7 ns	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

Na safra 2021/22, houve diferença significativa entre os tratamentos de época de dessecação de trevo com os tratamentos de pousio. Em comparação com o pousio sem N, nenhum tratamento diferiu estatisticamente. Já ao comparar com o pousio com N, os tratamentos 30 DAS, 0 DAS e PA sem aplicação de N diferiram estatisticamente, com

um menor peso de grãos, que pode ser explicado pela aplicação de N (Tabela 18). Já na safra 2022/23, não houve interação dos fatores e os efeitos simples de épocas de dessecação e dose não foram significativos quando comparados aos tratamentos de pousio (Tabela 18). Isso é explicado justamente pela baixa influência dos manejos neste componente do rendimento, que já foi discutido anteriormente.

TABELA 18. Peso (g) de mil grãos de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safra 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	23,9 ns	23,6 ns	24,6 ns	23,5 ns	23,2 ns	23,6	24,1
150	23,1 ns	23,9 ns	23,8 ns	23,9 ns	23,7 ns	23,8	
Média	23,5	23,7	24,2	23,7	23,4		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	23,9*	23,6 ns	24,6 ns	23,5 *	23,2 *	23,6	24,5
150	23,1 ns	23,9 ns	23,8 ns	23,9 ns	23,7 ns	23,8	
Média	23,5	23,7	24,2	23,7	23,4		
Safra 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	23,8	24,5	24,1	-	23,7	24,1 ns	24,1
150	24,2	24,2	24,3	-	23,8	24,1 ns	
Média	24,0 ns	24,4 ns	24,2 ns	-	23,7 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	23,8	24,5	24,1	-	23,7	24,1 ns	23,9
150	24,2	24,2	24,3	-	23,8	24,1 ns	
Média	24,0 ns	24,4 ns	24,2 ns	-	23,7 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

#### 4.2.3.5 Esterilidade de espiguetas

Para a variável esterilidade de espiguetas, o teste F não apontou interação significativa dos s fatores em nenhuma das safras de cultivo. Na análise dos efeitos simples dos fatores, não houve efeito da época de dessecação para essa variável, em ambas as safras. Com relação à dose de N no arroz, houve efeito somente na safra 2021/22, em que os tratamentos sem aplicação de N no arroz tiveram uma maior porcentagem de esterilidade de espiguetas (Tabela 19). Na safra mencionada, o valor de

esterilidade de espiguetas com a aplicação de N ficou em torno de 10% de esterilidade, valor que está de acordo com o reportado por Ely *et al.* (2019), que encontraram valores de 9,4% de esterilidade de espiguetas para a cultivar IRGA 424 RI.

Entretanto, os valores de esterilidade encontrados neste estudo, em ambas as safras, foram menores do que o esperado para a cultivar em questão, estando em desacordo com os resultados encontrados por Wolter *et al.* (2019), que relataram esterilidade em torno de 15%, enquanto comumente se espera valores em torno de 17% para esta cultivar (Lopes *et al.*, 2015).

Os valores de esterilidade podem ser explicados pela falta de N nos tratamentos que não receberam adubação e, com isso, produziram menos fotoassimilados para encher os grãos, levando a um alto valor de esterilidade, o que foi mais acentuado na primeira safra, com valor médio 255% maior quando comparado à safra 2022/23. Já nos tratamentos que receberam adubação, esses valores foram menores na primeira safra, enquanto que, na segunda safra, a diferença de dose não foi significativa, resultados encontrados também por Wolter *et al.* (2019).

TABELA 19. Esterilidade (%) de espiguetas de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	
0	13,9	14,9	12,5	12,9	15,1	13,8 a
150	10,4	11,7	9,1	9,2	12,2	10,7 b
Média	12,1 ns	13,3 ns	10,8 ns	11,1 ns	14,0 ns	
Safr 2022/23						
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO					Média
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	
0	4,9	5,1	5,9		5,5	5,4 ns
150	6,1	6,3	6,4		4,7	5,9 ns
Média	5,2 ns	5,7 ns	6,2 ns		5,1 ns	

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns = não significativo.

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Ao se realizar a comparação com os pousios com N e sem N, percebe-se que a safra 2021/22 apresentou diferença estatística para o pousio com N na média das épocas de dessecação do trevo sem N e para as médias das épocas de dessecação de 20 DAS e PA (Tabela 20). Na safra 2022/23, não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos para os pousios.

TABELA 20. Esterilidade (%) de espiguetas de arroz irrigado em sucessão ao trevo persa em função de época de dessecação do trevo e de níveis de adubação nitrogenada no arroz, comparadas ao pousio sem N e ao pousio com N com N nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

Safr 2021/22							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	13,9	14,9	12,5	12,9	15,1	13,8 ns	12,1
150	10,4	11,7	9,1	9,2	12,2	10,7 ns	
Média	12,1 ns	13,3 ns	10,8 ns	11,1 ns	14,0 ns		
Safr 2022/23							
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS	PA	Média	
0	13,9	14,9	12,5	12,9	15,1	13,8*	8,4
150	10,4	11,7	9,1	9,2	12,2	10,7 ns	
Média	12,1 ns	13,3 *	10,8 ns	11,1 ns	14,0*		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio sem N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	4,9	5,1	5,9		5,5	5,4 ns	4,5
150	6,1	6,3	6,4		4,7	5,9 ns	
Média	5,2 ns	5,7 ns	6,2 ns		5,1 ns		
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO						Pousio com N
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	Média	
0	4,9	5,1	5,9		5,5	5,4 ns	3,7
150	6,1	6,3	6,4		4,7	5,9 ns	
Média	5,2 ns	5,7 ns	6,2 ns		5,1 ns		

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup> Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

#### 4.2.4 Eficiência agronômica do uso do N (EAN)

A variável eficiência agronômica do N se comportou de forma semelhante em ambas as safras, em que houve queda dos valores conforme mais próximo da semeadura do arroz foi realizada a dessecação do trevo persa (Tabela 21). Isso ocorre pois nos tratamentos onde a dessecação foi mais tardia, houve maior contribuição do trevo persa na ciclagem de nutrientes, diminuindo as perdas de N para o ambiente. Além disso, a melhor sincronia entre a liberação de N proveniente da decomposição da biomassa da leguminosa e a absorção desse nutriente pelo arroz, leva a menor necessidade da adubação nitrogenada em cobertura. Esse resultado concorda com Chen *et al.* (2018) e Weinert (2021), que concluíram que a dessecação mais tardia do trevo leva a uma maior contribuição de N para o solo e, conseqüentemente, para a cultura sucessora, principalmente quando há o sincronismo entre as taxas de liberação do N pelo resíduo e a captura do nutriente pela cultura.

Quando se analisa os valores de pousio, percebe-se a maior eficiência agronômica do N, com valores de 19,3 kg de grão por kg de N aplicado na safra 2021/22 e 13,3 kg kg<sup>-1</sup> na safra 2022/23. Esse comportamento de maior EAN nos tratamentos de pousio é esperado, visto que os tratamentos de pousio eram compostos por plantas espontâneas como azevém, capim-arroz e outras gramíneas, plantas com alta relação C/N e, conseqüentemente, com decomposição mais lenta, que leva a alta imobilização do N do resíduo. Essa imobilização faz com que o N mineral aplicado em cobertura seja quase totalmente aproveitado e convertido em grãos, enquanto o N presente no resíduo não é liberado em formas absorvíveis pelas plantas. Esses valores estão dentro do esperado quando comparados aos valores encontrados por Yoshida (1981), que relatou que a eficiência agronômica nas regiões tropicais, geralmente, situa-se na faixa de 15 a 25 kg de arroz produzido por quilograma de N aplicado, enquanto Fageria *et al.* (2007) relataram EAN de 23 kg kg<sup>-1</sup> para o genótipo de arroz CNAi 8886, na média de quatro doses de N (50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>).

TABELA 21. Eficiência agronômica do uso do nitrogênio (kg kg<sup>-1</sup>) nas safras 2021/22 e 2022/23.

ANO	ÉPOCA DE DESSECAÇÃO					Pousio
	30 DAS	20 DAS	10 DAS	0 DAS <sup>1</sup>	PA	
	-----Eficiência Agronômica do N-----					
2021/22	13,6*	12,3*	5,2*	8,1*	8,7*	22,5
2022/23	11,5ns	12,8ns	6,3ns		6,7ns	13,5

\*Médias seguidas de asterisco diferenciam-se estatisticamente do pousio sem N ou pousio com N pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

A diminuição da EAN conforme há a proximidade entre a dessecação do trevo e a semeadura do arroz leva à conclusão de que é possível reduzir a aplicação de N em cobertura na cultura do arroz irrigado, uma vez que a menor EAN indica menor resposta à aplicação de fertilizante nitrogenado. Essa diferença entre a EAN obtida entre os tratamentos de dessecação e o pousio pode ser atribuída ao aproveitamento do N ocorrido pela presença do trevo persa. Entretanto, determinar esse valor específico requererá novos estudos com diferentes doses de N mineral em cobertura para avaliar o desempenho agronômico do arroz e determinar a faixa adequada de adubação conforme a disponibilização de N pelo trevo.

### 4.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

#### 4.3.1 Evolução temporal do NDVI

O padrão temporal dos valores do NDVI na primeira safra de cultivo retratou diferenças significativas entre os tratamentos que receberam ou não a aplicação de N (Figura 7). O NDVI nos tratamentos sem N (Figura 7A) alcançou valores menores em praticamente todo o ciclo da cultura, atingindo um máximo de 0,68 no estágio R0, enquanto os valores máximos dos tratamentos com nitrogênio (Figura 7B) atingiram até 0,78 no estágio V7 e se mantiveram nesta faixa até o estágio R2 (emborrachamento), caindo para valores em torno de 0,6 no estágio R4 (florescimento). Essa queda de valores ocorre quando a planta entra no período de senescência foliar, o que aumenta a reflectância da banda vermelha e diminui a reflectância da banda NIR captada pelo sensor GreenSeeker, reduzindo os valores de NDVI.

O NDVI é um índice de duas bandas e, por isso, um fenômeno bem característico desses índices é a saturação dos valores (Cao *et al.*, 2013; Rehman *et al.*, 2019). Essa saturação ocorre uma vez que o dossel atinge 100% de cobertura e, enquanto a reflectância do infravermelho próximo continua a crescer, a reflectância do vermelho se mantém constante ou com discreta diminuição, resultando em pequenas alterações nos valores adquiridos. Dificilmente os valores de NDVI ultrapassam 0,80, apresentando a saturação em valores próximos a esse (Rehman *et al.*, 2019; Naser *et al.*, 2020; Yao *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2019).

No final do ciclo da cultura, os valores de NDVI tenderam a diminuir independentemente da dose de nitrogênio aplicada, à medida que a cultura se aproximava da maturidade, isso também foi observado por Naser *et al.* (2020) em trigo. Isso ocorre, pois, a planta transloca seus nutrientes para o enchimento de grãos, momento que é acompanhado pelo início da senescência da cultura, o que faz com que os valores de NDVI diminuam pelo menor teor de N nas folhas e menor biomassa, que alteram o padrão de reflectância das bandas vermelha e NIR.

No presente estudo, houve diferença significativa entre as épocas de dessecação do trevo persa em alguns estádios específicos da cultura do arroz. Na safra 2021/22, para o tratamento sem aplicação de N (Figura 7A), os estádios V6, V7, R0 e R4 foram os que conseguiram diferenciar as épocas de dessecação, enquanto que, com a aplicação de N em cobertura, os estádios foram V7, R0 e R1 (Figura 7B). Sem aplicação de N, as



diferenças são resultantes da disponibilidade de N ocasionada pelo trevo cultivado no inverno. É provável que essa diferença seja perceptível nos estádios da cultura em que a presença do N é mais importante para o desenvolvimento, como o perfilhamento, que inicia em V3 e continua até V6-V7, e a mudança do estágio vegetativo para o reprodutivo, entre V8 e R0. Os menores valores de NDVI foram observados no pousio, em que a cultura completou o seu ciclo sem a presença de N ciclado ou aplicado em cobertura. Já os maiores valores variaram, principalmente, entre os tratamentos de 10 DAS e 20 DAS, mostrando, indiretamente, que essas são as épocas de dessecação que possuem maior potencial para suprir N nos estádios de desenvolvimento do arroz de maior demanda.

Nos tratamentos com aplicação de N, os menores valores foram encontrados nas épocas de dessecação do trevo no dia da semeadura e no ponto de agulha e isso pode ser justificado pelo menor estande de plantas causado pelo excesso de palhada do trevo no solo, apresentando interferências de fatores externos nas medições do NDVI, como a água no fundo. Os maiores valores variaram entre os tratamentos de pousio, 20 DAS e 10 DAS, explicados pelo maior estande de plantas, no caso do pousio, e a presença de N mineral ciclado pela leguminosa no caso dos tratamentos 20 e 10 DAS. O tratamento de 30 DAS apresentou valores de NDVI intermediários, mostrando a baixa contribuição do N ciclado pelo trevo, devido às perdas para o ambiente pela dessecação precoce (Figura 7B).

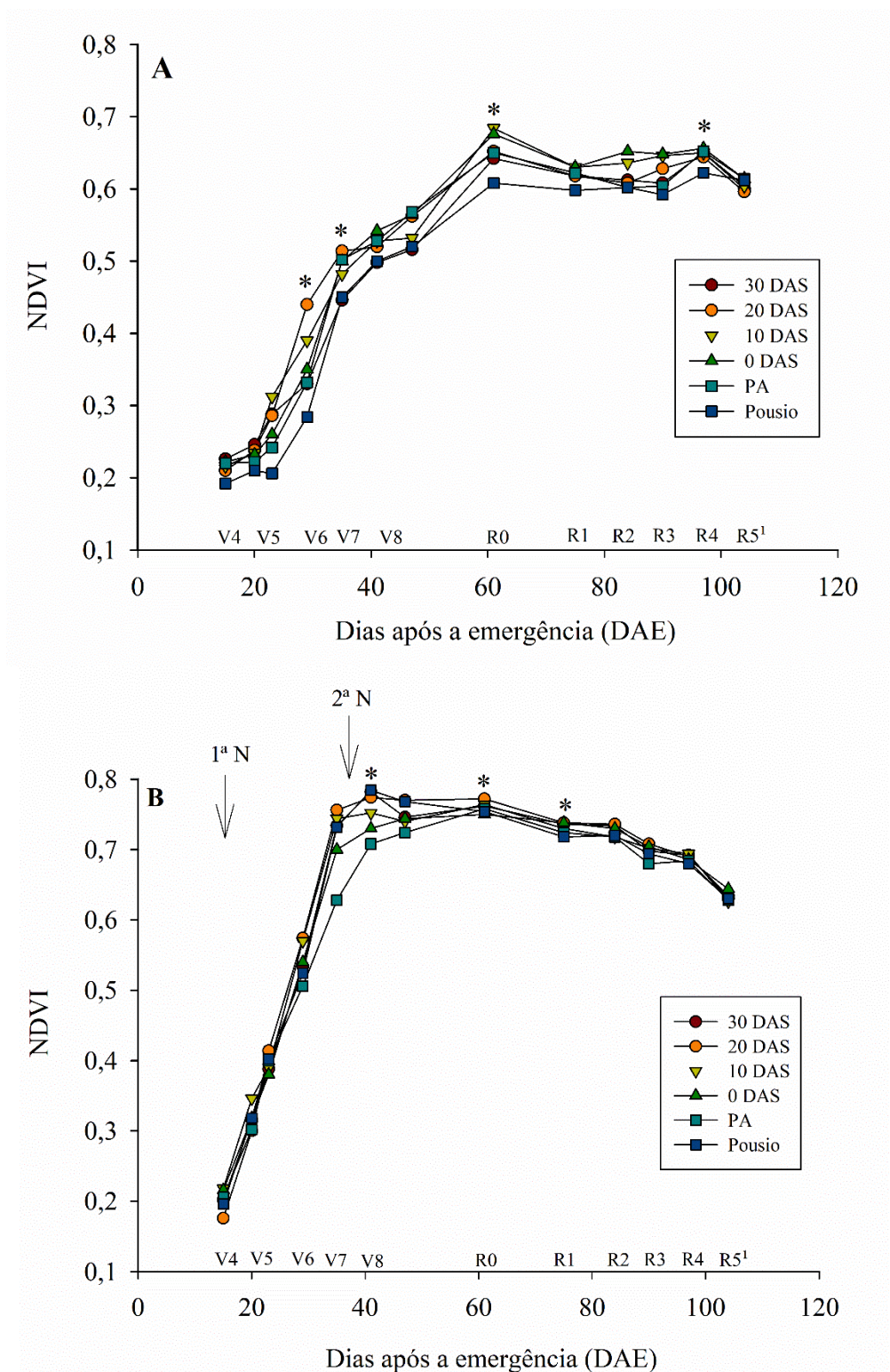


FIGURA 7. Evolução do NDVI ao longo do ciclo do arroz irrigado na safra 2021/22 em função de épocas de dessecação do trevo persa como cultura antecessora, sem a aplicação de nitrogênio (A) e com a aplicação de 150 kg/ha de nitrogênio (B), Cachoeirinha, RS.

\* significa diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Na safra 2022/23, houve efeito significativo da adubação nitrogenada, com valores máximos de 0,61 sem N mineral e 0,74 com N mineral, valores mais baixos em comparação com a primeira safra. Na segunda safra, a cultura apresentou dois momentos de estresse durante o ciclo, que levaram a uma redução do NDVI, principalmente nas parcelas sem N. Isso pode ser explicado pelo conjunto de fatores meteorológicos que ocorreram aos 32 e 74 dias após a emergência (Figura 1), com uma alta radiação solar aliada à estiagem, que tiveram valores pluviométricos inferiores do que o necessário para manter o armazenamento de água no solo, o que pode ter levado a um aumento da temperatura interna da planta, diminuindo a fotossíntese e a transpiração, reduzindo seu crescimento e, conseqüentemente, afetando os valores de NDVI, visto que a redução desses parâmetros se traduzem em redução substancial dos valores dos índices de vegetação (Bonifácio *et al.*, 1993). Isso, aliado à falta de N pela não aplicação da adubação, pode ter agravado o estresse da planta. Ademais, isso influenciou na baixa produtividade da cultura nessa safra (Figura 6), visto que essas condições ocorreram nos estádios de V5-V7, estádios que se encontram entre as aplicações de N em cobertura (V3 e V8) e, por isso, podem ter resultado em baixa absorção e aproveitamento do N.

As épocas de dessecação na safra 2022/23 que apresentaram os maiores valores de NDVI ao longo do ciclo foram 10 DAS e 20 DAS (Figura 8A), para os tratamentos sem aplicação de N, o mesmo resultado encontrado na primeira safra, indicando que as plantas estariam melhor nutridas e mais desenvolvidas quando cultivadas após trevo persa dessecado nessas épocas. Os maiores valores de NDVI foram observados no estádio R1 (diferenciação da panícula), aos 66 dias após a emergência, com valores chegando a 0,61 e 0,59 para 20 DAS e 10 DAS respectivamente, sem diferença estatística entre eles.

Com a aplicação de N, os maiores valores de NDVI foram observados na época de dessecação de 10 DAS, com valores máximos de 0,74, nos estádios de R0 (iniciação da panícula) e R1 (diferenciação da panícula), aos 54 e 66 dias após a emergência, respectivamente (Figura 8B). No estádio V4, o tratamento 20 DAS diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, com PA e pousio com os menores valores, e 10 DAS e 30 DAS com valores intermediários. Em V8, os maiores valores foram nos tratamentos 10 DAS e PA, com 20 DAS e pousio com valores intermediários, e 30 DAS com os menores valores. Em R4 (florescimento), o maior valor de NDVI foi com a dessecação em PA, com 30 DAS e pousio intermediários, e 20 DAS e 10 DAS com menores valores, o que não necessariamente justifica pior desempenho, visto que neste momento a planta está translocando seus nutrientes para o enchimento de grãos e

iniciando a senescência, o que conseqüentemente leva à menores valores de NDVI já discutidos anteriormente.

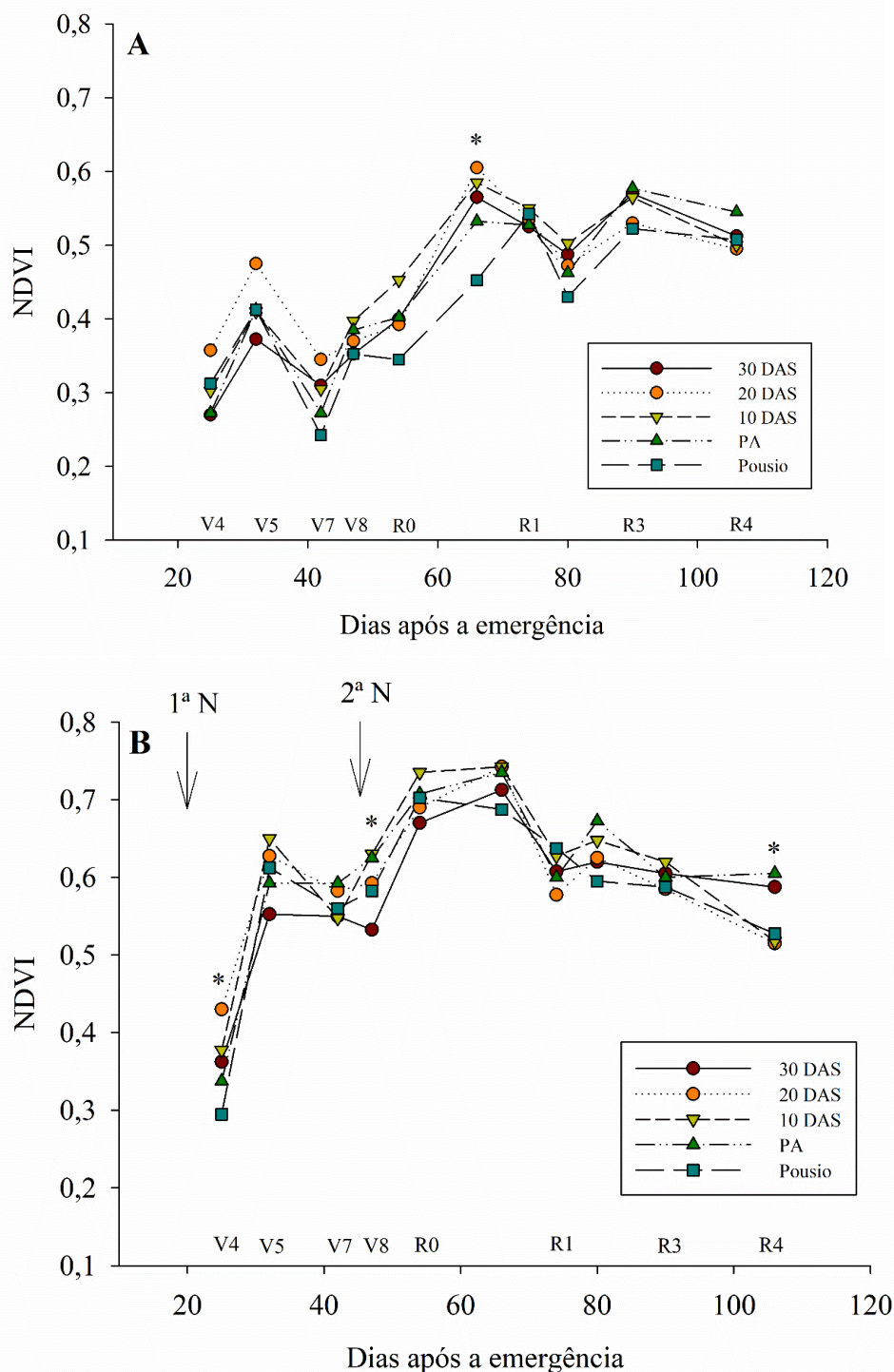


FIGURA 8. Evolução do NDVI ao longo do ciclo do arroz irrigado na safra 2022/23 em função de épocas de dessecação do trevo persa como cultura antecessora, sem a aplicação de nitrogênio (A) e com a aplicação de 150 kg/ha de nitrogênio (B), Cachoeirinha, RS.

\* significa diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

Ao utilizar índices de vegetação para estimar diferenças entre os tratamentos, deve-se levar em consideração o estágio de sua avaliação, visto que esses valores podem sofrer influência da água de fundo, de plantas daninhas e do solo quando ainda não houve fechamento do dossel da cultura. Isso porque os índices de vegetação indicam a atividade metabólica das plantas, como a fotossíntese, pela relação dos valores gerados com o índice de área foliar, a biomassa verde, o teor de clorofila, a fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (Zhao *et al.*, 2018), realçando o comportamento espectral da vegetação e se correlacionando com eles.

A interação da vegetação com o espectro eletromagnético sofre influência das condições ambientais e do estágio de desenvolvimento fenológico da cultura, além de ter relação com a fotossíntese e com o teor de clorofila das folhas (Marion *et al.*, 2021). Dessa forma, quando a planta sofre um estresse ou entra em senescência, os pigmentos da clorofila diminuem e outros pigmentos, como os carotenoides, aumentam sua concentração dentro da planta, modificando a resposta espectral da vegetação. Assim, essas plantas passarão a apresentar uma reflectância nas faixas do verde e do vermelho maior, ficando cloróticas, ao mesmo tempo que reduzem a reflectância do infravermelho, o que diminui os valores de NDVI.

#### **4.3.2 Correlação entre a biomassa da parte aérea e o NDVI**

A biomassa seca da parte aérea é um importante indicador do crescimento das culturas e a sua correlação com os valores de NDVI foram medidos em três estágios estratégicos do ciclo da cultura: em V5, logo após a primeira aplicação de N em cobertura durante o perfilhamento (Figura 9A); V8, após a segunda aplicação de N em cobertura, antes da planta iniciar o período reprodutivo (Figura 9B), e em R1, na diferenciação da panícula (Figura 9C). Os gráficos de correlação entre NDVI e biomassa mostram, independente do estágio de avaliação, valores mais elevados de biomassa para aquelas plantas que receberam a aplicação de N mineral em cobertura (Figura 9).

Na safra 2021/22, a biomassa apresentou uma correlação positiva com o NDVI de 0,85, 0,95 e 0,89 nos estágios V5, V8 e R1, respectivamente. Todos os valores de correlação foram elevados, mostrando uma boa relação entre o NDVI e a biomassa, portanto, quando um valor aumenta, o outro tende a aumentar também. Esse resultado também foi encontrado por Gnpy *et al.* (2014) em arroz, Grohs *et al.* (2009) em trigo e cevada, Trentin *et al.* (2021) em trigo e Santos *et al.* (2014) em braquiária. Apesar disso,

quando analisa-se a segunda safra, percebe-se que os valores de R foram de 0,58, 0,98 e 0,86 nos mesmos estádios, sugerindo que o ano pode exercer influência na correlação dessas duas variáveis nos estádios V5 e R1. Assim, a melhor época para utilizar a ferramenta de GreenSeeker para prever a biomassa da cultura com maior precisão é quando a planta está no fim do estágio vegetativo, no estágio V8, que parece ser o momento mais estável para a aquisição desse tipo de variável.

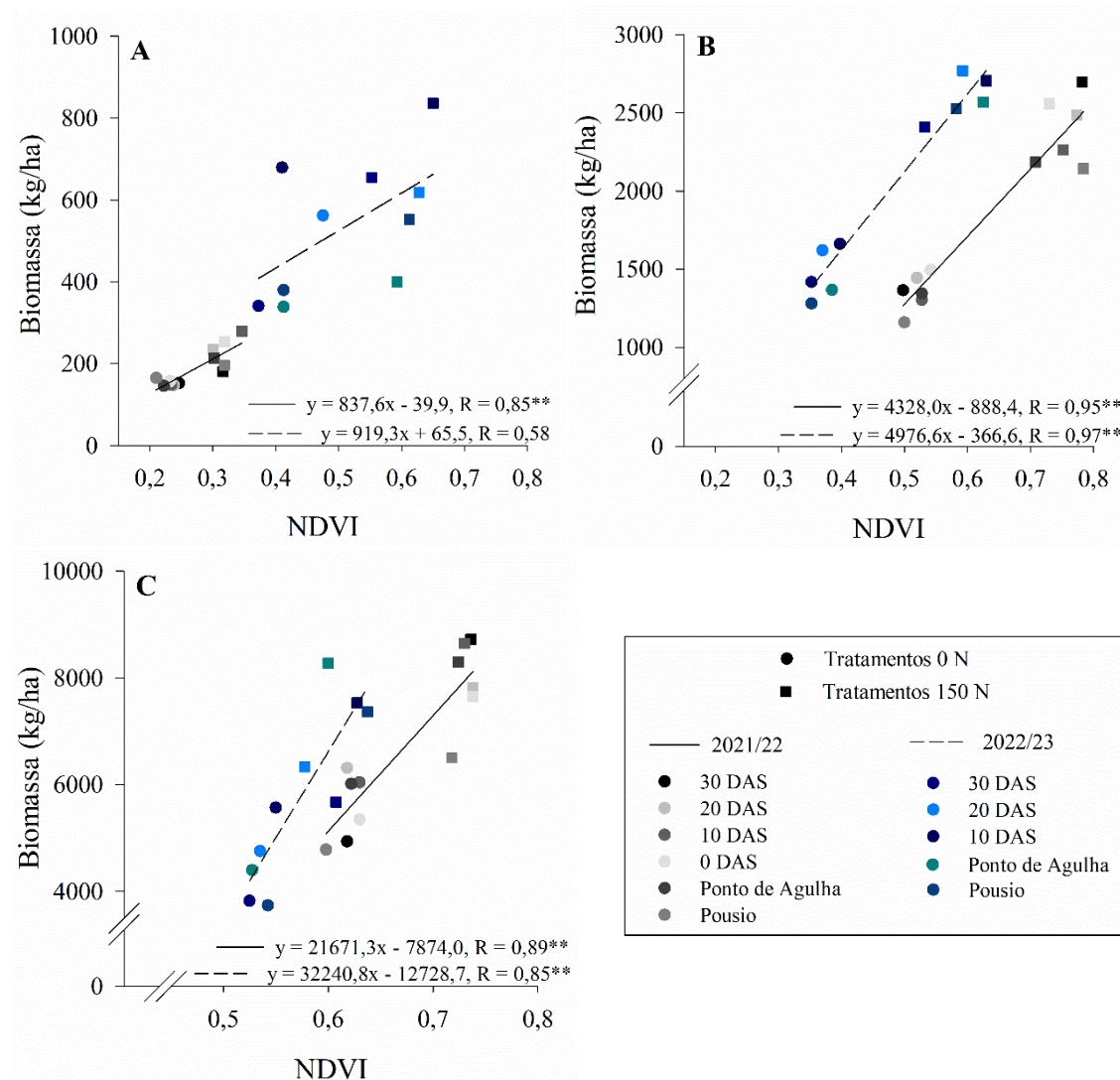


FIGURA 9. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de biomassa de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C)<sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS.

\* Modelo de regressão significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Modelo de regressão significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

<sup>3</sup>Estádio V5 havia aplicação de somente  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

DAS: dias antes da semeadura.

A relação do NDVI com a biomassa da cultura ocorre devido à presença da clorofila que, em uma planta saudável, absorve a maior parte da radiação vermelha visível, reduzindo sua reflectância, enquanto a estrutura celular da planta reflete a maior parte da radiação infravermelha. Dessa forma, quanto maior a biomassa e, conseqüentemente, de clorofila presente nas folhas, mais alto será o valor de NDVI, visto que ele é baseado na reflectância do vermelho e do infravermelho. Os valores de NDVI variam entre as culturas, e, dentro das espécies, conforme o estágio de crescimento da cultura, tamanho do dossel, interferências de solo e estresses nutricionais. Com base nos dados do presente estudo, encontrou-se uma forte relação entre o NDVI e a biomassa do arroz irrigado em praticamente todos os estádios de crescimento avaliados.

Gnpy *et al.* (2014) encontraram, entre NDVI e biomassa, em arroz, um  $R^2$  de 0,51 na fase de alongamento do colmo, mas um  $R^2$  de apenas 0,42 quando avaliaram a correlação do NDVI com a biomassa em arroz no estágio de afilhamento, que pode ser explicado pela interferência da água. Nas fases iniciais de crescimento (perfilhamento e alongamento do colmo), o dossel do arroz não estava fechado e o solo e a água de fundo podem ter uma forte influência na reflectância, reduzindo a reflectância espectral com o aumento da profundidade da água nas lavouras (Gnyp *et al.*, 2014, Yao *et al.*, 2014). Em contrapartida, Zhang *et al.* (2019) avaliaram a relação do NDVI com o índice de área foliar (IAF) e a biomassa na cultura do trigo. Ao longo de todos os estádios de crescimento, o NDVI estava relacionado ao IAF com um  $R^2 = 0,80$  e à biomassa com um  $R^2 = 0,70$ . A maior correlação da biomassa com NDVI foi encontrada nos estádios de afilhamento (V3) e início de alongamento do colmo (V5-V6) em trigo.

Em cevada, Fabbri *et al.* (2020) avaliaram que a maior correlação do NDVI com a biomassa se deu entre os estádios fenológicos do início do alongamento da haste principal até o grão leitoso, com  $R^2$  que variaram de 0,8 a 0,84, enquanto que, no estágio de perfilhamento, não houve correlação significativa. Yao *et al.* (2014) encontraram um  $R^2 = 0,76$  do NDVI com a biomassa para todos os estádios de crescimento do arroz, concluindo que a variação de biomassa explicou 76% da variação observada nos valores de NDVI.

### 4.3.3 Correlação entre a quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea e o NDVI

Os sensores de reflectância fornecem informações sobre o status de N da cultura através da absorvância ou reflectância de comprimentos de onda no dossel (Padilla et al., 2019). Por fazer parte da constituição da clorofila, a medição indireta do nitrogênio acumulado nas plantas é possível através da avaliação da reflectância da radiação, visto que, quanto maior a quantidade de N presente nas folhas, mais radiação infravermelha próxima será refletida e mais saudável a planta será considerada. Dessa forma, quanto menor o nível de N absorvido pelas culturas, menor o teor de clorofila e menor a absorção de radiação na região visível, o que, por sua vez, resulta em redução do NDVI.

A correlação do NDVI com o N acumulado no arroz no estádio V5 apresentou valores de 0,88 e 0,82 para 2021/22 e 2022/23, respectivamente (Figura 10A). No entanto, no estádio V5 as plantas ainda estão no início do perfilhamento e o fechamento do dossel ainda não ocorreu, o que pode causar erros de leitura do NDVI devido à interferência da água e de plantas daninhas que podem estar presentes. No estádio R1, para a safra 2021/22, o NDVI mostrou uma correlação não significativa com a quantidade de N acumulado no arroz, de apenas 0,25, já para a safra 2022/23 esse valor foi de 0,89 (Figura 10C). A variabilidade da correlação para estas variáveis mostra que o ano é um fator de variação para as medições de NDVI, em que o NDVI no estádio R1 pode se mostrar adequado para a predição de N acumulado em uma dada safra, mas pode não ser adequado em outra.

Já a correlação foi maior no estádio V8 para ambos os anos de avaliação, em que a planta já estava no fim do perfilhamento e com o dossel praticamente fechado. A medição do NDVI no estádio V8 apresentou correlação de 0,97 em ambos os anos de cultivo, mostrando uma maior estabilidade dos valores no fim do perfilhamento da cultura. Conseqüentemente, este estádio se mostra o mais adequado para as medições do NDVI, com menores interferências do ano e de possíveis estresses, garantindo uma maior confiabilidade dos valores amostrados.

Os tratamentos que receberam a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N tiveram valores mais elevados de NDVI e N acumulado do que aqueles que não receberam adubação. Assim, no estádio V5 da cultura, o N acumulado apresentou forte correlação com o NDVI com valores de 0,88 e 0,82 nas safras 2021/22 e 2022/23, respectivamente. Já no estádio V8 esse valor passou para 0,97 em ambas as safras, aumentando ainda mais a correlação entre



as variáveis. Por fim, no estágio R1, a correlação entre as variáveis foi apenas de 0,25, considerada uma correlação fraca para safra 2021/22, enquanto que em 2022/23 essa correlação se manteve forte, com valor de 0,89.

Em outras espécies, altos valores de correlação entre o NDVI e o N acumulado também foram encontrados. Em algodão, o NDVI apresentou correlação positiva com o N acumulado aos 92 dias após a emergência, com valores de  $R^2 = 0,61$  (Motomiya *et al.*, 2009). Basyouni *et al.* (2015) consideraram que as leituras do GreenSeeker estavam menos correlacionadas com a concentração de N nas folhas nos estádios iniciais de amendoim, devido ao pequeno tamanho das plantas e à interferência da superfície de fundo na leitura.

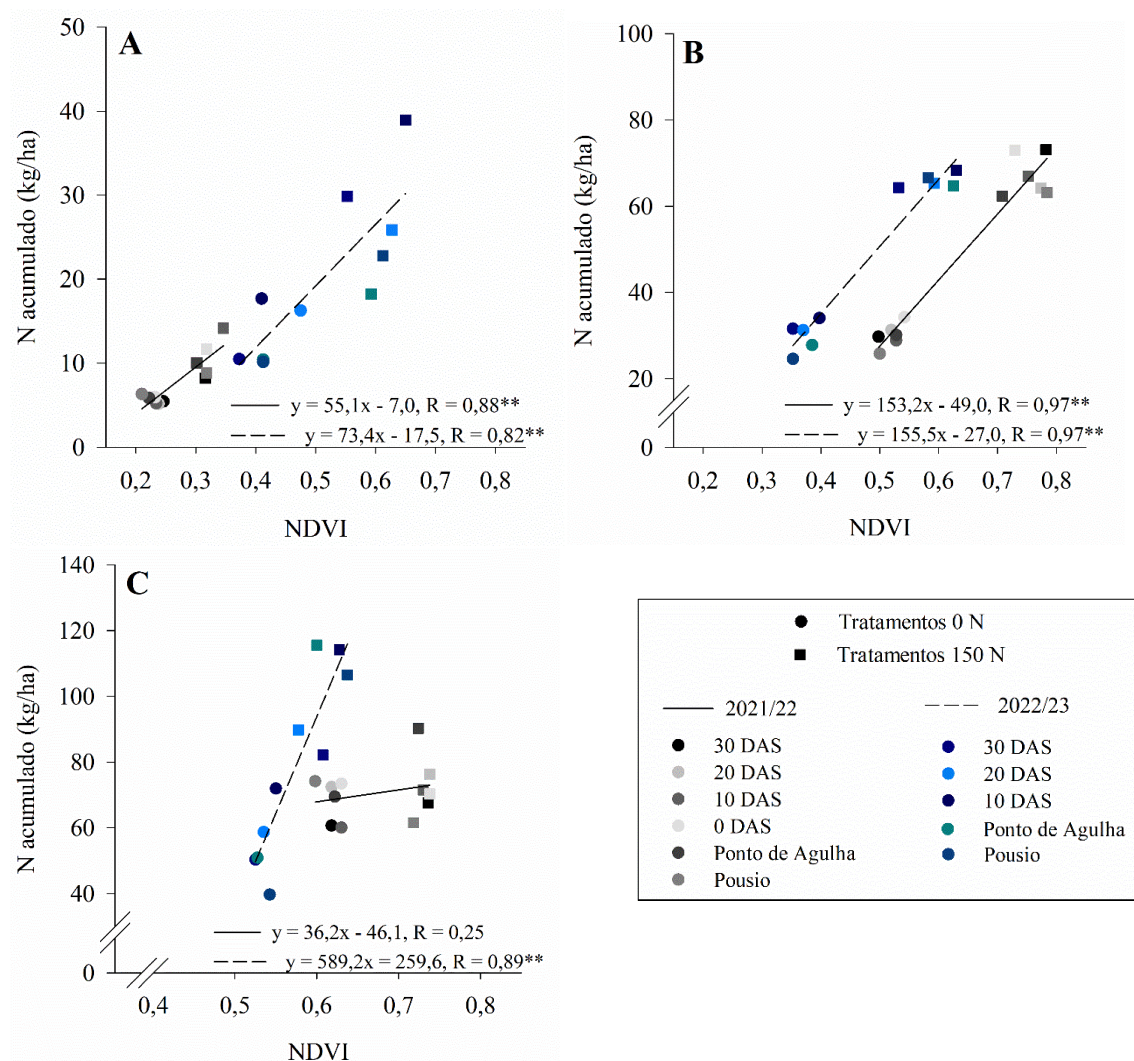


FIGURA 10. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o N acumulado no arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23 nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C)<sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS.

\* Modelo de regressão significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Modelo de regressão significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

<sup>3</sup>Estádio V5 havia aplicação de semente 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

DAS: dias antes da semeadura.

#### 4.3.4 Correlação entre produtividade de grãos e NDVI

A melhor correlação entre o NDVI e a produtividade ocorreu nos estádios V8 e R1, e na safra 2021/22. Em todas as avaliações, conclui-se que, conforme aumenta o NDVI maior é a produtividade da cultura. Nos tratamentos sem a aplicação de N no arroz, os valores de NDVI encontrados foram menores, enquanto que a aplicação de N aumentou os valores de NDVI. Na safra 2022/23, a correlação entre NDVI e produtividade de grãos foi significativa em todos os estádios analisados, no entanto, apresentou uma correlação mais fraca quando comparada à safra 2021/22, o que pode ser explicada pelas condições meteorológicas desfavoráveis na segunda safra.

No estádio V5, houve menor correlação do NDVI com a produtividade, o que também foi observado por Onwuchekwa-Henry *et al.* (2022). Isso pode ser explicado pela presença da água na lavoura em um estádio onde a cultura ainda não fechou o dossel e a entrelinha, modificando o índice de reflectância percebido pelo sensor. Esses valores não estão de acordo com os encontrados por Naser *et al.* (2020), que encontraram que o rendimento de grãos do trigo foi melhor correlacionado com o NDVI nos estádios iniciais de crescimento e após a antese da cultura, apesar da correlação ter sido significativa para todos os estádios de crescimento. No entanto, Raun *et al.* (2001) encontraram que a relação do NDVI e o rendimento de grãos em trigo foi maior entre os estádios de crescimento Feekes 4 e 6, ou seja, após o início do perfilhamento da cultura. Essas diferenças também podem ser explicadas pelas condições de cultivo das culturas, sendo a condução da lavoura de trigo em sequeiro, enquanto a condução da lavoura arrozeira é inundada.

Nesse estudo, os estádios iniciais tiveram menor correlação do NDVI com a produtividade. Esse resultado foi observado em arroz por Ali *et al.* (2014), onde a correlação mais fraca entre o NDVI e o rendimento de grãos ocorreu durante a fase inicial de perfilhamento da cultura. Além disso, este estudo mostrou que, no estádio V8 (47 dias após a emergência) (Figura 11B) e R1 (75 dias após a emergência) (Figura 11C), foram os estádios de melhor correlação, com valores em V8 de 0,89 e 0,67 em 2021/22 e

2022/23, respectivamente. Já no estágio R1 foi possível a utilização de um modelo único de regressão entre as duas safras, com valores de  $R = 0,91$  (Figura 11). Zhou *et al.* (2017) encontraram que, para arroz, o estágio de diferenciação da panícula (R1) foi o que obteve melhor correlação do NDVI com a produtividade, uma vez que neste momento se define o principal componente da produtividade do arroz, o número de panículas  $m^{-2}$  (Eugênio *et al.*, 2023). Ali *et al.* (2015) observaram um R de 0,79 entre NDVI e rendimento de grãos de arroz obtido aos 70 dias após a semeadura, no estágio R0, com o valor tendendo a reduzir conforme o avanço do ciclo da cultura. Segundo Harrell *et al.* (2011), a avaliação de NDVI após início da diferenciação da panícula do arroz (R0 – R1) é impraticável e subestima o potencial de rendimento da cultura, pois a emergência desigual das panículas leva à redução dessa associação.

No presente trabalho, a correlação do NDVI com a produtividade se comportou de forma diferencial entre os dois anos de cultivo e entre os três estádios fenológicos avaliados. No estágio V5, valores de NDVI de 0,2 corresponderam a produtividades de  $10 t ha^{-1}$  na safra 2021/22, enquanto valores maiores de NDVI, de, aproximadamente, 0,4 na safra 2022/23, equivalem a produtividades de  $7 t ha^{-1}$ . No estágio V8, valores de NDVI de 0,6 representam produtividades de  $10 t ha^{-1}$ , na safra 2021/22, e  $8 t ha^{-1}$ , na safra 2022/23. Esse comportamento mostra que os valores de NDVI por si só não seguem um padrão linear, podendo variar conforme o ano de cultivo, pois os valores de NDVI isolados podem, em diferentes contextos, se correlacionarem com valores distintos de uma mesma variável. Essas variações ocorrem devido à influência de diversas variáveis no NDVI, em que o conteúdo de clorofila e de carotenoides na folha, a própria estrutura celular e as condições de crescimento e desenvolvimento (presença de estresses bióticos e abióticos) são únicas e variam conforme o ano, estágio e até entre genótipos o que, por sua vez, interfere nos valores do índice.

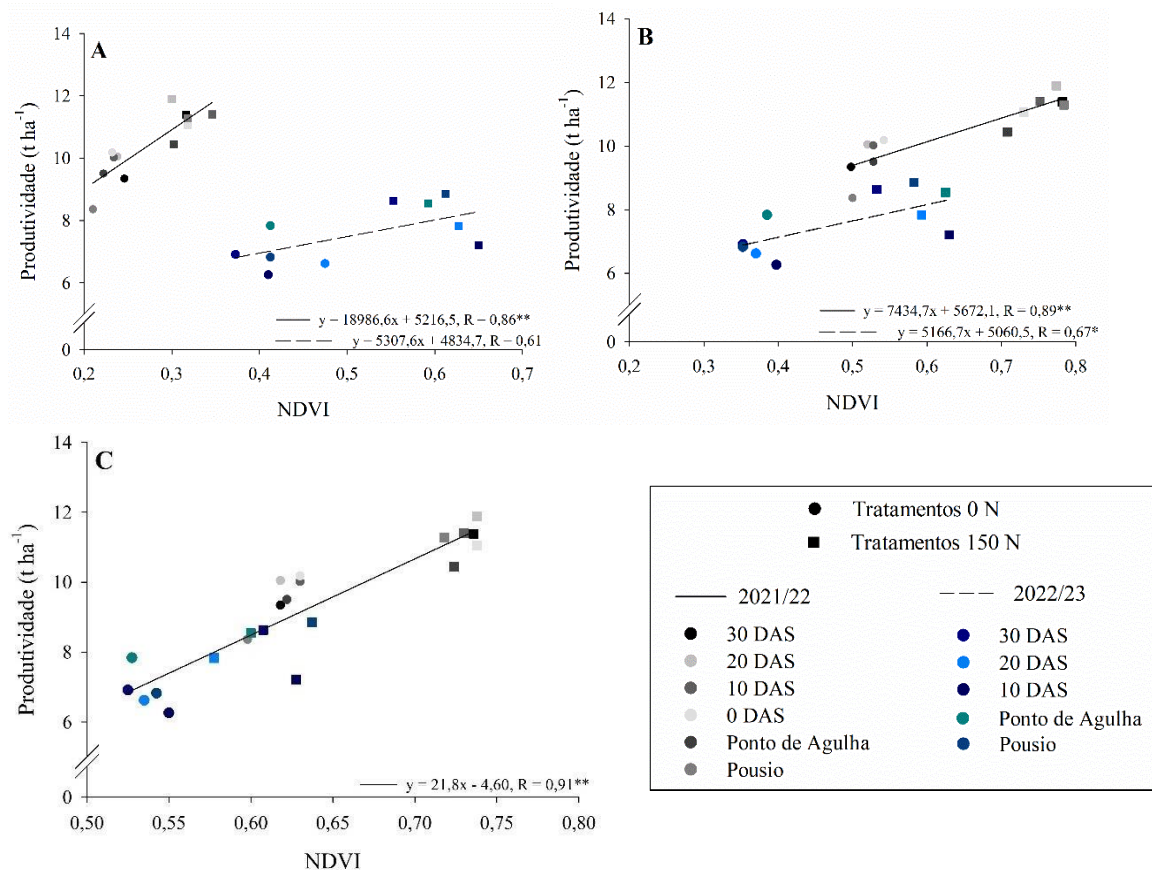


FIGURA 11. Relação entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23 nos estádios V5 (A), V8 (B) e R1 (C)<sup>1</sup>, Cachoeirinha, RS.

\* Modelo de regressão significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* Modelo de regressão significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1</sup>Conforme escala de Counce *et al.* (2000).

<sup>2</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.

<sup>3</sup>Estádio V5 havia aplicação de semente 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

DAS: dias antes da semeadura.

Considerando os resultados mostrados na Figura 11, que indicam que a estimativa de produtividade do arroz irrigado pelo NDVI medido em estádios fenológicas pontuais apresenta limitações, procurou-se desenvolver um modelo de estimativa da produtividade mais robusto, levando em consideração os valores de NDVI avaliados durante todo o ciclo da cultura. Neste sentido, foi determinada a área abaixo da curva de progresso do NDVI, baseada em metodologia utilizada na área de fitopatologia, ou seja, a área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD). Este parâmetro quantitativo é aplicado para analisar o progresso das doenças em plantas, com significância para a avaliação de perdas na produtividade e para estudos de epidemiologia. Utilizado desde a década de 50 (Campbell & Madden, 1990), a AACPD é um cálculo realizado a partir de múltiplas

avaliações de severidade da doença ao longo do tempo, proporcionando, ao final do ciclo, um único valor, pela integral da área abaixo da curva de progresso. Quanto maior a área encontrada abaixo do gráfico, maior é a severidade da doença (Amorim, 1995).

Expandindo-se esse conhecimento para as análises de NDVI, buscou-se analisar o comportamento do NDVI e sua relação com a produtividade ao longo do ciclo da cultura, comparando-se as épocas de dessecação e as doses de N. Foi realizado o cálculo da área abaixo da curva de progresso de NDVI para cada tratamento (época de dessecação e dose de N), para cada safra individualmente (Figuras 12 e 13). Os valores encontrados individualmente diferiram entre si e refletem a variabilidade de crescimento das plantas sob os diferentes manejos da cultura de cobertura e da aplicação de N, modificando a reflectância captada pelo sensor GreenSeeker e, indiretamente, estimando a biomassa, a quantidade de N acumulado e a produtividade do arroz irrigado.

Os maiores valores individuais da área abaixo da curva foram observados na safra 2021/22 (Figura 12), no tratamento de 20 DAS, seguido do tratamento 10 DAS, com valores de 61,5 e 60,9, respectivamente enquanto a menor área foi na safra 2022/23, no pousio sem aplicação de N, com área de 34,4. Quando se analisa as áreas abaixo da curva em ambos os anos sem a aplicação de N, percebe-se que as áreas foram maiores naqueles tratamentos que tiveram a presença do trevo no inverno em comparação com o pousio, mostrando a influência do N ciclado pela leguminosa na estimativa do NDVI. Maior área de progresso da curva de NDVI indica maiores valores deste índice integrado durante todo o ciclo da cultura e não somente em algum estágio fenológico pontual.

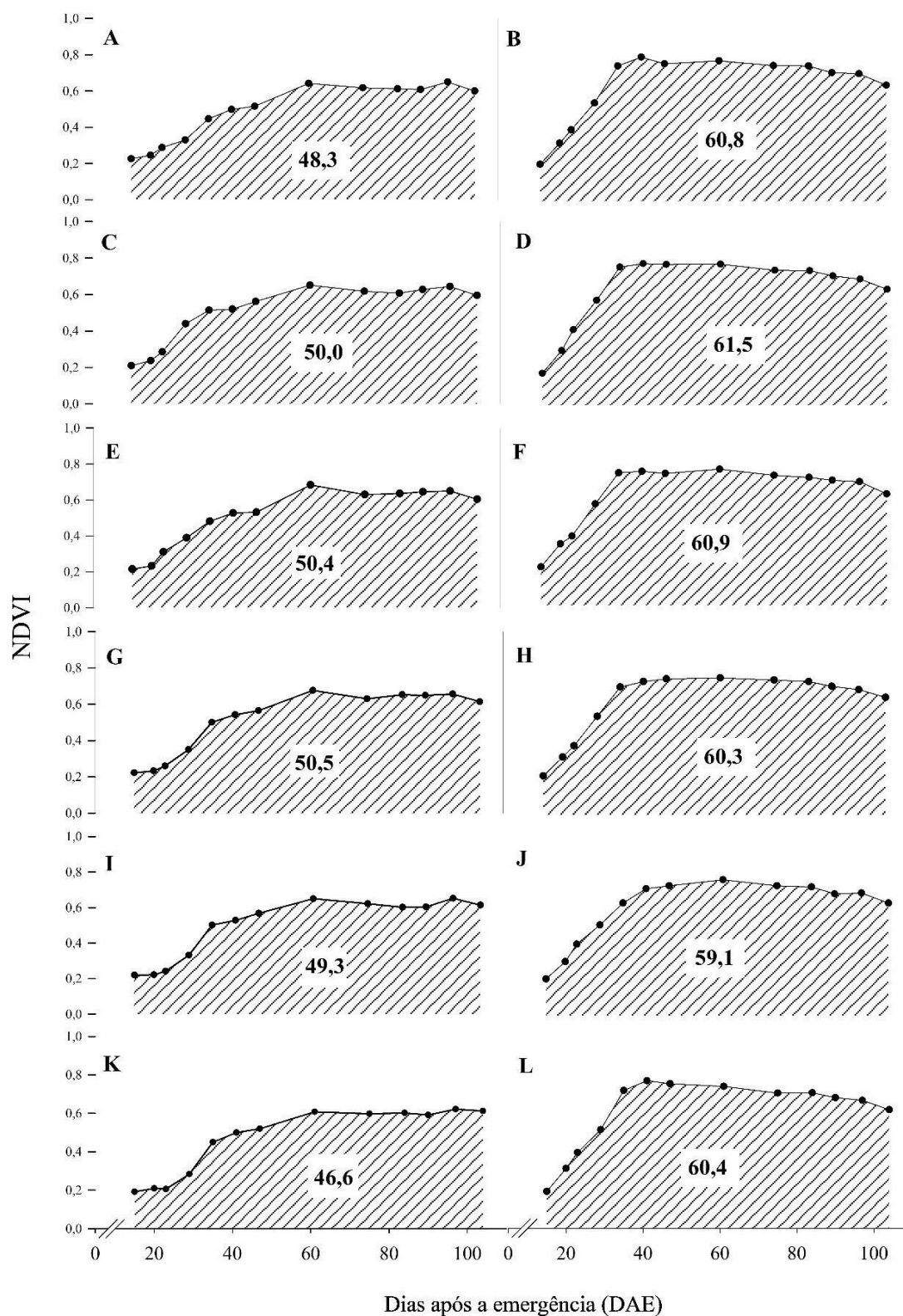


FIGURA 12. Área abaixo da curva de progresso de NDVI para os tratamentos 30 DAS sem N (A) e com N (B), 20 DAS sem N (C) e com N (D), 10 DAS sem N (E) e com N (F), no dia da semeadura sem N (G) e com N (H), PA sem N (I) e com N (J) e pousio sem N (K) e com N (L), na safra 2021/22, Cachoeirinha, RS.

DAS: dias antes da semeadura. PA: ponto de agulha.

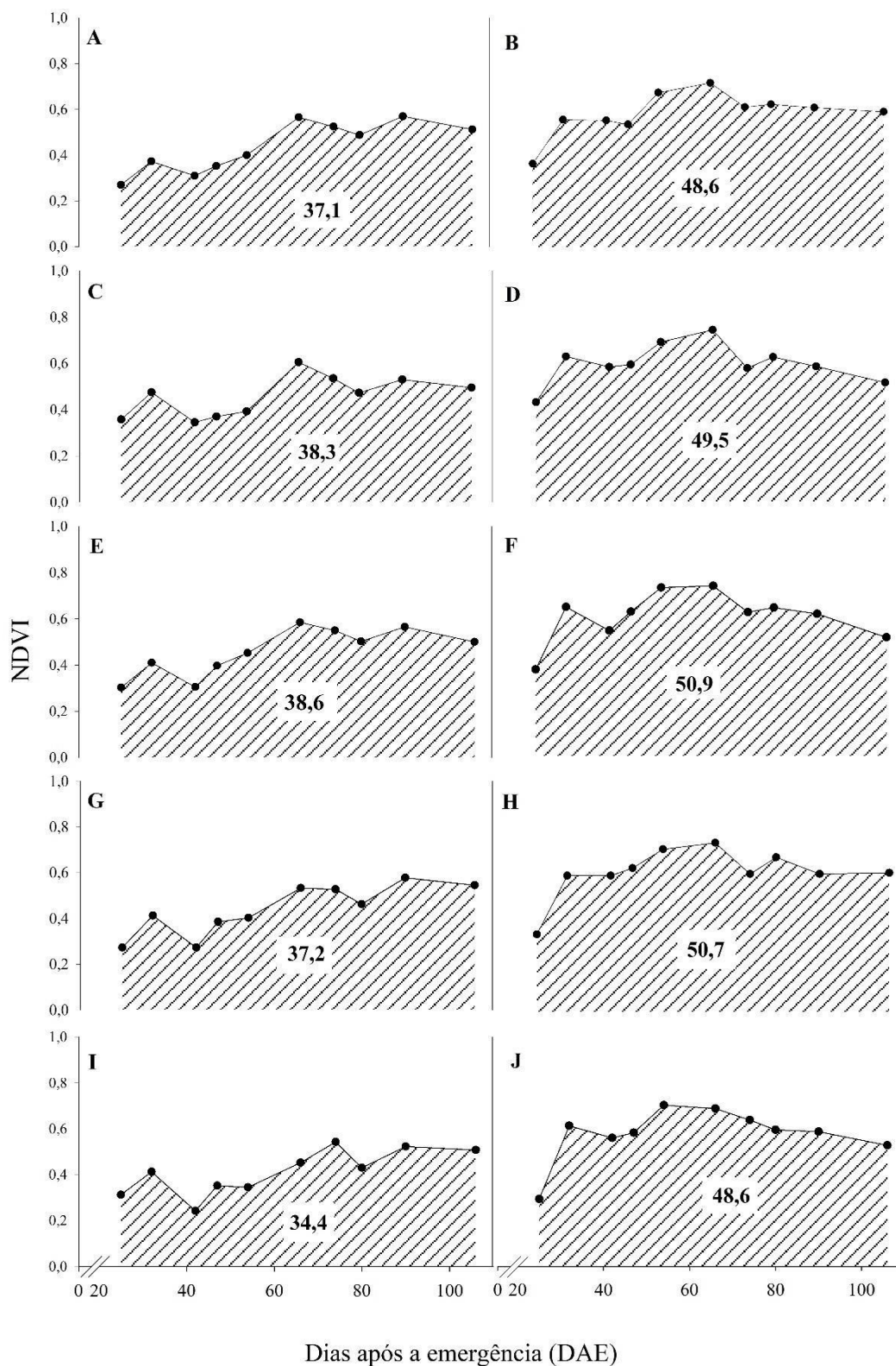


FIGURA 13. Área abaixo da curva de progresso de NDVI para os tratamentos 30 DAS sem N (A) e com N (B), 20 DAS sem N (C) e com N (D), 10 DAS sem N (E) e com N (F), PA sem N (G) e com N (H) e pousio sem N (I) e com N (J), na safra 2022/23, Cachoeirinha, RS.

<sup>1</sup>Na safra 2022/23 não se realizou o tratamento da época de dessecação 0 DAS.  
DAS: dias antes da sementeira. PA: ponto de agulha.

Foi realizada a regressão entre os valores de área abaixo da curva de progresso do NDVI com a produtividade de cada tratamento. Na safra 2021/22, com a aplicação de N, os valores médios de área abaixo da curva de progresso do NDVI se situaram ao redor de 60, associado a produtividades de, aproximadamente, 11 a 12 t ha<sup>-1</sup> (Figura 14). Nesta mesma safra, com os tratamentos sem N, e na safra 2022/23, nos tratamentos com N, os valores de área abaixo da curva foram de, aproximadamente, 50, com produtividades de 8 a 10 t ha<sup>-1</sup>. Já na safra 2022/23, sem aplicação de N, os valores de área ficaram em torno de 35, com produtividade em torno de 7,0 t ha<sup>-1</sup> (Figura 14). Ao realizar a regressão dos valores, percebe-se que a produtividade e o NDVI medido ao longo do tempo apresentaram forte correlação, com valores de 0,89, quando aplicada a metodologia da AACPD, reduzindo a influência de fatores externos às análises, visto a diluição desses ruídos com a aplicação desse parâmetro.

Desse modo, percebe-se, com esta metodologia, as interferências que o ano de cultivo, o ambiente e o próprio comportamento da planta podem variar, visto que valores de área abaixo da curva podem, em um ano, ser referentes aos tratamentos sem aplicação de N, e que obtiveram menor produtividade, e em outro ano, a mesma área abaixo da curva, corresponder ao melhor desempenho avaliado naquela safra. A análise dos valores da área abaixo da curva se torna um procedimento mais adequado para a análise de NDVI, visto que integra todos os dados obtidos ao longo do ciclo da cultura e não somente momentos específicos de avaliação, que são mais suscetíveis às variações externas. Essa metodologia reduz o efeito que as condições meteorológicas de determinado ano e outros fatores externos.



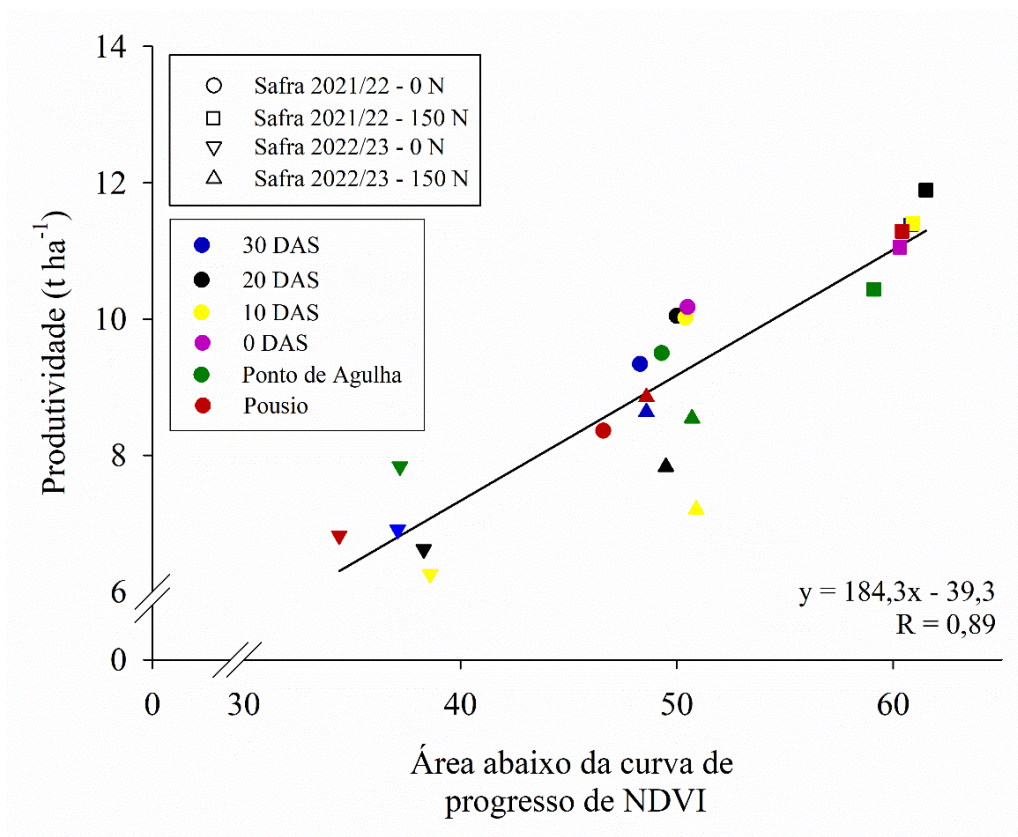


FIGURA 14. Relação entre a área abaixo da curva de progresso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a produtividade de arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa nas safras 2021/22 e 2022/23, Cachoeirinha, RS.

## 5 CONCLUSÕES

A utilização de trevo persa como planta de cobertura na entressafra do arroz irrigado é um manejo viável e agronomicamente vantajoso, devido à sua capacidade de adaptação aos solos hidromórficos das lavouras arroseiras e à sua alta capacidade de produção de biomassa e ciclagem de nitrogênio, favorecendo a sustentabilidade do sistema.

A época adequada para a dessecação do trevo persa, visando a melhoria dos atributos agronômicos avaliados no arroz irrigado, é entre 10 e 20 dias antes da semeadura do arroz irrigado. A presença do trevo persa na entressafra melhora os atributos agronômicos avaliados no arroz irrigado, tendo sua importância reduzida com a aplicação de fertilizante nitrogenado na dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

A aplicação de N em cobertura melhora todos os componentes do rendimento e a produtividade de grãos de arroz irrigado.

O GreenSeeker é uma ferramenta que pode ser utilizada para prever a produtividade do arroz irrigado cultivado em sucessão ao trevo persa. A integração dos valores através da área abaixo da curva de progresso de NDVI torna-se o método mais confiável para a análise dos valores obtidos pelo GreenSeeker, pois reduz as interferências externas causadas pelo ambiente e pela safra de cultivo.

## 6 REFERÊNCIAS

ABDALLA, M.; HASTINGS, A.; CHENG, K.; YUE, Q.; CHADWICK, D.; ESPENBERG, M.; TRUU, J.; REES, R. M.; SMITH, P. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. **Global Change Biology**, Oxford, v. 25, n. 8, p. 2530-2543, 2019. DOI 10.1111/gcb.14644.

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; DA SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014. DOI 10.1590/S0103-84782014005000002.

ALI, A. M.; BIJAY-SINGH.; IBRAHIM, S. M. Wheat grain yield and nitrogen uptake prediction using atLeaf and GreenSeeker portable optical sensors at jointing growth stage. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 375-383, 2020. DOI 10.1016/j.inpa.2019.09.008.

ALI, A. M.; THIND, H. S.; SHARMA, S.; VARINDERPAL-SINGH. Prediction of dry direct-seeded rice yields using chlorophyll meter, leaf color chart and GreenSeeker optical sensor in northwestern India. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 161, p. 11-15, 2014. DOI 10.1016/j.fcr.2014.03.001.

ALI, A. M.; THIND, H. S.; VARINDERPAL-SINGH; BIJAY-SINGH. A framework for refining nitrogen management in dry direct-seeded rice using GreenSeeker™ optical sensor. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 110, p. 114-120, 2015. DOI 10.1016/j.compag.2014.10.021.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; DE PAEPE, J. L. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: A meta-analysis. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 170, p. 53-65, 2017. DOI 10.1016/j.still.2017.03.005.

ALVES, J. A. S. C. **Resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a coberturas de solo no outono-inverno em gleissolo**. Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva. 2018, 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

AMORIM, L. Avaliação de Doenças. *In*: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1. cap. 32. p. 645-671.

- ANGHINONI, I.; CARLOS, F. S. Manejo da adubação nitrogenada de cobertura no arroz irrigado no Sul do Brasil. **Circular Técnica IRGA**, Porto Alegre, n. 001, 2019.
- ANGUS, J. F.; KIRKEGAARD, J. A.; HUNT, J. R.; RYAN, M. H.; OHLANDER, L.; PEOPLES, M. B. Break crops and rotations for wheat. **Crop & Pasture Science**, Collingwood, v. 66, n. 6, p. 523-552, 2015. DOI 10.1071/CP14252.
- ARRUDA, E. M.; COLLIER, L. S.; OLIVEIRA, K. R.; FLORES, R. A.; BARROS, L. R.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, B. B.; SANTOS, M. P.; DUARTE, T. C.; ANDRADE, C. A. O. Cover plants can contribute on macronutrient accumulation in agroforestry systems during off-season. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 97, p. 1087-1096, 2023. DOI 10.1007/s10457-023-00849-9.
- ATAKOUN, A. M.; TOVIHOUDI, P. G.; DIOGO, R. V. C.; YEMADJE, P. L.; BALARABE, O.; AKPONIKPÈ, P. B. I.; SEKLOKA, E.; HOUGNI, A.; TITTONELL, P. Evaluation of cover crop contributions to conservation agriculture in northern Benin. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 303, p. 109-118, 2023. DOI 10.1016/j.fcr.2023.109118.
- BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R.; FAGERIA, N. K. Soil-plant interaction on nutrient efficiency in plants: an overview. In BALIGAR, R. V.; DUNCAN, R. R. (ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic, 1990. p. 351-373.
- BASTOS, J. M.; MARTINS, A. P. Importância da leguminosa hibernal e plantio direto para a sustentabilidade da lavoura arrozeira. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 32., 2020, Porto Alegre. **Resumos [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2020.
- BASYOUNI, R.; DUNN, B. L.; GOAD, C. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* L. (Willd. ex Klotzsch)) production. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 192, p. 47-53, 2015. DOI 10.1016/j.scienta.2015.05.011.
- BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. Cover crop impacts on soil physical properties: a review. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 84, n. 5, p. 1527-1576, 2020. DOI 10.1002/saj2.20129.
- BOENI, M.; ANGHINONI, I.; GENRO JUNIOR, S. A.; OSÓRIO FILHO, B. D. **Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**: Boletim Técnico. 10. ed. Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental, 2010. 40 p. ISBN 1983-0858.
- BORTOLINI, F.; DA ROSA, R. C.; DUARTE, J. G.; MITTELMANN, A. Características morfológicas de duas cultivares de trevo-persa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012.
- CAI, S.; PITTELKOW, C. M.; ZHAO, X.; WANG, S. Winter legume-rice rotations can reduce nitrogen pollution and carbon footprint while maintaining net ecosystem economic benefits. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 195, p. 289-300, 2018. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.05.115.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. **New York: J. Wiley**, 1990.

CAO, Q.; CUI, Z.; CHEN, X.; KHOSLA, R.; DAO, T. H.; MIAO, Y. Quantifying spatial variability of indigenous nitrogen supply for precision nitrogen management in small scale farming. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 13, p. 45-61, 2012. DOI 10.1007/s11119-011-9244-3.

CAO, Q.; MIAO, Y.; WANG, H.; HUANG, S.; CHENG, S.; KHOSLA, R.; JIANG, R. Non-destructive estimation of rice plant nitrogen status with Crop Circle multispectral active canopy sensor. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 154, p. 133-144, 2013. DOI 10.1016/j.fcr.2013.08.005.

CARLOS, F. S. **Índices de qualidade do solo em sistemas de produção de arroz irrigado**. Orientador: Flavio Anastácio de Oliveira Camargo. 2017. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CARLOS, F. S.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ROSSI, I.; BUCHAIN, M. P.; CEREZA, T.; CARMONA, F. C.; CAMARGO, F. A. O. Integrated crop–livestock systems in lowlands increase the availability of nutrients to irrigated rice. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 31, n. 18, p. 2962-2972, 2020. DOI 10.1002/ldr.3653.

CARLOS, F. S.; SCHAFFER, N.; MARIOT, R. F.; FERNANDES, R. S.; BOECHAT, C. L.; ROESCH, L. F. W.; CAMARGO, F. A. O. Soybean crop incorporation in irrigated rice cultivation improves nitrogen availability, soil microbial diversity and activity, and growth of ryegrass. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 170, [art.]. 104313, 2022. DOI 10.1016/j.apsoil.2021.104313.

CARVALHO, L. F. D. **Índices de vegetação obtidos por sensor proximal e embarcados em aeronave remotamente pilotada e sua relação com a produtividade do milho**. Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado. 2019. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2019.

CHEN, G.; CHEN, Y.; ZHAO, G.; CHENG, W.; GUO, S.; ZHANG, H.; SHI, W. Do high nitrogen use efficiency rice cultivars reduce nitrogen losses from paddy fields?. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 209, p. 26-33, 2015. DOI 10.1016/j.agee.2015.03.003.

CHEN, S.; LIU, S.; ZHENG, X.; YIN, M.; CHU, G.; XU, C.; YAN, J.; CHEN, L.; WANG, D.; ZHANG, X. Effect of various crop rotations on rice yield and nitrogen use efficiency in paddy–upland systems in southeastern China. **The Crop Journal**, Amsterdam, v. 6, n. 6, p. 576-588, 2018. DOI 10.1016/j.cj.2018.07.007.

CHOUDHURY, A. T. M. A.; KENNEDY, I. R. Nitrogen Fertilizer Losses from Rice Soils and Control of Environmental Pollution Problems. **Communications in Soil**

**Science and Plant Analysis**, Amsterdam, v. 36, ed. 11-12, p. 1625-1639, 2005. DOI 10.1081/CSS-200059104.

COLOMBI, T.; BRAUN, S.; KELLER, T.; WALTER, A. Artificial macropores attract crop roots and enhance plant productivity on compacted soils. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 574, p. 1283-1293, 2017. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.07.194.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Grãos safra 2022/23: 12º Levantamento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 12, p. 1-111, 2023a. *E-book*.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Grãos safra 2023/24: 1º Levantamento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 1-117, 2023b. *E-book*.

COOMBS, C.; LAUZON, J. D.; DEEN, B.; VAN EERD, L. L. Legume cover crop management on nitrogen dynamics and yield in grain corn systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 201, p. 75-85, 2017. DOI 10.1016/j.fcr.2016.11.001.

CORREIA, S. L. **Desempenho agrônômico de arroz irrigado em sucessão a coberturas de solo**. Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

COSTA, C. F.; SANTOS, A. B. Produtividade de grãos de cultivares de arroz irrigado afetada pelo manejo de nitrogênio. In: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 13., 2029, Santo Antônio de Goiás. **Resumos em Anais [...]**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2019. p. 28-28.

COSTA, N. L.; REIS, J. C. L.; RODRIGUES, R. C.; COELHO, R. W. Trevo-persa uma forrageira de duplo propósito. **Comunicado Técnico**, Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2005. 3 p. v. 116. ISSN 1806-9185.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436-443. 2000.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeitos de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p. 135-140, 1996.

DA ROSA, C. A. **Decomposição de resíduos culturais de plantas de cobertura, emissão de gases do efeito estufa e produtividade do arroz e soja em terras baixas**. Orientador: Sandro José Giacomini. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

DIEKMANN, K. H.; OTTOW, J. C. G.; DE DATTA, S. K. Yield and nitrogen response of lowland rice (*Oryza sativa* L.) to *Sesbania rostrata* and *Aeschynomene afraspera*

green manure in different marginally productive soils in the Philippines. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, p. 103-108, 1996.

DUARTE, G. D. S.; BILHARVA, M.; MITTELMANN, A.; LAGO, I.; PEDROSO, C. D. S. Componentes do rendimento de sementes de trevo persa submetido a diferentes épocas de semeadura e ao corte. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL - ANISUS, 3., 2015, Chapecó. **Anais [...]**. Chapecó, 2015.

EBERTZ, M. C. **Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação**. Orientador: Douglas Adams Weiler. 2021. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2021.

ELY, M. F.; WOLTER, R. C. D.; DA TRINDADE, J. K.; PIAZZETTA, D.; MARTINS, G.; HOLZ, T. V.; LOPES, S. I. G. Densidade de semeadura para as cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2019, 9., Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: Epagri, 2019.

ERDEMLI, S.; ÇOLAK, E.; KENDIR, H. Determination of Some Plant and Agricultural Characteristics in Persian Clover (*Trifolium resupinatum* L.). **Journal of Agricultural Sciences**, Belihuloya, Sri Lanka, v. 13, n. 3, p. 240-246, 2007.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, 2006. DOI 10.1590/S0100-06832006000200012.

FABBRI, C.; NAPOLI, M.; VERDI, L.; MANCINI, M.; ORLANDINI, S.; MARTA, A. D. A Sustainability Assessment of the Greenseeker N Management Tool: A Lysimetric Experiment on Barley. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 18, 2020. DOI 10.3390/su12187303.

FAGERIA, N. K.; DOS SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007. DOI 10.1590/S0100-204X2007000700016.

FAN, F.; VAN DER WERF, W.; MAKOWSKI, D.; LAMICHHANE, J. R.; HUANG, W.; LI, C.; ZHANG, C.; CONG, W.; ZHANG, F. Cover crops promote primary crop yield in China: A meta-regression of factors affecting yield gain. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 271, [art.]. 108237, 2021. DOI 10.1016/j.fcr.2021.108237.

FAOSTAT. **Commodities by country**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2023.

FERREIRA, R. B.; MARCHESAN, E.; COELHO, L. L.; OLIVEIRA, M. L.; TELÓ, G. M.; FILHO, A. C.; SARTORI, G. M. S. Manejo do azevém no estabelecimento inicial de plantas, na ciclagem de nutrientes e no rendimento de grãos do arroz

irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 12, p. 2143-2149, 2015. DOI 10.1590/0103-8478cr20131473.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: CONAB, 2005.

FITZGERALD, G. J. Characterizing vegetation indices derived from active and passive sensors. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 31, n. 16, p. 4335-4348, 2010. DOI 10.1080/01431160903258217.

GARCIA, A. V. **Resposta de solo e planta ao uso de leguminosa hibernal na produção de arroz irrigado com semeadura direta**. Orientador: Amanda Posselt Martins. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

GARCIA, A. V.; MARTINS, A. P. Cobertura hibernal de trevo persa: economia na adubação e ganhos em produtividade e fertilidade dos solos para áreas arroyzeiras. **Informativo Integrar**, Capivari do Sul, n. 27, 2019. DOI 10.13140/RG.2.2.19784.06407.

GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N.; LICHTENTHALER, H. K. Detection of Red Edge Position and Chlorophyll Content by Reflectance Measurements Near 700 nm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 148, ed. 3-4, p. 501-508, 1996. DOI 10.1016/S0176-1617(96)80285-9.

GNYP, M. L.; MIAO, Y.; YUAN, F.; USTIN, S. L.; YU, K.; YAO, Y.; HUANG, S.; BARETH, G. Hyperspectral canopy sensing of paddy rice aboveground biomass at different growth stages. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 155, p. 42-55, 2014. DOI 10.1016/j.fcr.2013.09.023.

GONGORA, V. R. M.; SECCO, D.; BASSEGIO, D.; DE MARTINS, A. C.; CHANG, P.; SAVIOLI, M. R. Impact of cover crops on soil physical properties, soil loss and runoff in compacted Oxisol of southern Brazil. **Geoderma Regional**, Amsterdam, v. 31, [art.]. 108237, 2022. DOI 10.1016/j.geodrs.2022.e00577.

GOULART, R. Z.; REICHERT, J. M.; RODRIGUES, M. F. Cropping poorly-drained lowland soils: Alternatives to rice monoculture, their challenges and management strategies. **Agricultural Systems**, Barking, v. 177, [art.]. 102715, 2020. DOI 10.1016/j.agsy.2019.102715.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 101-112, 2009. DOI 10.1590/S0100-69162009000100011.

GROHS, M. **Emissão de gases de efeito estufa, ciclagem de nutrientes e produtividade de arroz irrigado em função de manejos pós-colheita e plantas de cobertura**. Orientador: Enio Marchesan. 2018. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.



GRZEBISZ, W.; LIKOWIAK, R.; SASSENATH, G. F. Virtual nitrogen as a tool for assessment of nitrogen management at the field scale: A crop rotation approach. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 218, p. 182-194, 2018. DOI 10.1016/j.fcr.2018.01.009.

GUTIÉRREZ-SOTO, M. V.; CADET-PIEDRA, E.; RODRÍGUEZ-MONTERO, W.; ARAYA-ALFARO, J. M. El GreenSeeker™ y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. **Agronomía Mesoamericana**, San Pedro, Costa Rica, v. 22, n. 2, p. 397-403, 2011.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. *In*: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. **Physiology and Determination of Crop Yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. cap. 11A. p. 285-302. ISBN 9780891182467.

HARRELL, D. L.; TUBAÑA, B. S.; WALKER, T. W.; PHILLIPS, S. B. Estimating Rice Grain Yield Potential Using Normalized Difference Vegetation Index. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 6, p. 1717-1723, 2011. DOI 10.2134/agronj2011.0202.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 26, p. 54-62, 2004.

HUANG, S.; TANG, L.; HUPY, J. P.; WANG, Y.; SHAO, G. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, Heidelberg, v. 32, p. 1-6, 2021. DOI 10.1007/s11676-020-01155-1.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, ed. 2-3, p. 151-164, 2000. DOI 10.1016/S0378-4290(99)00084-2.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Boletim de resultados da safra 2021/22 em terras baixas**: arroz irrigado e soja. Porto Alegre, 2022.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Estimativas Safra 2022/23**. Porto Alegre, 2023.

JANDREY, D. B. **Dose de nitrogênio em cobertura no arroz irrigado em sucessão a espécies de inverno**. Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

JANSSON, S. L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. *In*: STEVENSON, F. J. (ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Los Angeles: American Society of Agronomy, 1982. p. 229-252.

JONES, H. G.; VAUGHAN, R. A. **Remote sensing of vegetation**: Principles, techniques and applications. New York: Oxford University Press, 2010. 347 p. ISBN 978-0-19-920779-4.

KHANAL, S.; FULTON, J.; SHEARER, S. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 139, p. 22-32, 2017. DOI 10.1016/j.compag.2017.05.001.

KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 1, n. 3, p. 155-159, 1970. DOI 10.1016/S0034-4257(70)80021-9.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000. DOI 10.1590/S0100-06832000000200014.

LINDBLOM, J.; LUNDSTRÖM, C.; LJUNG, M.; JONSSON, A. Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 18, p. 309-331, 2017. DOI 10.1007/s11119-016-9491-4.

LOPES, M. C. B.; LOPES, S. I. G.; WEILER, R. L.; FUNCK, G. R. D. IRGA 424 RI: Alternativa tecnológica para o controle do arroz vermelho e para alta produtividade. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: IRGA, 2015.

LUZ, S. C.; DA SILVA, P. R. F.; BOENI, M.; BREDEMEIER, C.; ANHINONI, I.; MENEGATI, G. B.; MAASS, M. B.; MIOZZO, L. C. Performance of flooded rice grown in succession to winter cover crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 42, 2018.

MAHANA, S.; PADHAN, S. R.; PADHAN, S. R. An Insight into GreenSeeker Technology: A Vital Tool for Precision Nutrient Management. **Biotica Research Today**, Khowai, India, v. 4, n. 1, p. 26-28, 2022.

MARION, F. A.; ANDRES, J.; HENDGES, E. R. Evolução dos índices de vegetação e sua relação com o estresse hídrico: uma revisão. **Geofronter**, v. 7, p. 1-18, Campo Grande, 2021.

MARIOT, C. H. P.; DA SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 233-241. 2003.

MENEZES, V. G.; CARVALHO, O.; LANGE, C.; VEDELAGO, A. Trevo-persa: alternativa como fonte de nitrogênio para produção de arroz irrigado no RS. *In*: XI

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Anais** [...]. Balneário Camboriú: IRGA, 2019.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; LOPES, M. C. B.; DA SILVA, P. R. F.; TEICHMANN, L. L. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 9, p. 1107-1115, 2001. DOI 10.1590/S0100-204X2001000900004.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 283 p. ISBN 978-85-7975-213-1.

MORTENSEN, E. O.; DE NOTARIS, C.; PEIXOTO, L.; OLESEN, J. E.; RASMUSSEN, J. Short-term cover crop carbon inputs to soil as affected by long-term cropping system management and soil fertility. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 311, [art.]. 107339, 2021. DOI 10.1016/j.agee.2021.107339.

MOTOMIYA, A. V.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 137-145, 2009. DOI 10.1590/S1415-43662009000200005.

NAKANO, H.; TANAKA, R.; GUAN, S.; OHDAN, H. Predicting rice grain yield using normalized difference vegetation index from UAV and GreenSeeker. **Crop and Environment**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 59-65, 2023. DOI 10.1016/j.crope.2023.03.001.

NASER, M. A.; KHOSLA, R.; LONGCHAMPS, L.; DAHAL, S. Using NDVI to Differentiate Wheat Genotypes Productivity Under Dryland and Irrigated Conditions. **Remote Sensing**, Basel, v. 12, n. 5, 2020. DOI 10.3390/rs12050824.

NEZOMBA, H.; MTAMBANENGWE, F.; TITTONELL, P.; MAPFUMO, P. Point of no return? Rehabilitating degraded soils for increased crop productivity on smallholder farms in eastern Zimbabwe. **Geoderma**, Amsterdam, v. 239-240, p. 143-155, 2015. DOI 10.1016/j.geoderma.2014.10.006.

NIE, J.; YI, L.; XU, H.; LIU, Z.; ZENG, Z.; DIJKSTRA, P.; KOCH, G. W.; HUNGATE, B. A.; ZHU, B. Leguminous Cover Crop *Astragalus sinicus* Enhances Grain Yields and Nitrogen Use Efficiency through Increased Tillering in an Intensive Double-Cropping Rice System in Southern China. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 9, 2019. DOI 10.3390/agronomy9090554.

NTECH INDUSTRIES. **Greenseeker manuals downloads**. Westminster, CO, EUA: Trimble, 2010.

OCKERBY, S. E.; GARSIDE, A. L.; HOLDEN, P. D.; ADKINS, S. W. Prior crop and residue incorporation time affect the response of paddy rice to fertiliser nitrogen. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 50, n. 6, p. 937-944, 1999. DOI 10.1071/AR98087.

- OHYAMA, T. Nitrogen as a major essential element of plants. *In*: OHYAMA, T.; SUEYOSHI, K. **Nitrogen Assimilation in Plants**. Kerala: Research Signpost, 2010. cap. 1. p. 1-17. ISBN 978-81-308-0406-4.
- ONWUCHEKWA-HENRY, C. B.; VAN OGTROP, F.; ROCHE, R.; TAN, D. K. Y. Model for Predicting Rice Yield from Reflectance Index and Weather Variables in Lowland Rice Fields. **Agriculture**, Basel, v. 12, n. 2, 2022. DOI 10.3390/agriculture12020130.
- PADILLA, F. M.; DE SOUSA, R.; PEÑA-FLEITAS, M. T.; GRASSO, R.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R. B. Influence of time of day on measurement with chlorophyll meters and canopy reflectance sensors of different crop N status. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 20, p. 1087-1106, 2019. DOI 10.1007/s11119-019-09641-1.
- PADILLA, F. M.; GALLARDO, M.; PEÑA-FLEITAS, M. T.; DE SOUSA, R.; THOMPSON, R. B. Proximal Optical Sensors for Nitrogen Management of Vegetable Crops: a review. **Sensors**, Basel, v. 18, n. 7, 2018. DOI 10.3390/s18072083.
- PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; BEVILÁQUIA, G. P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 9, p. 427-432, 1994.
- PEGORARO, C. P.; MANZKE, K. M.; SONEGO, E. P.; DOS SANTOS, R. M.; CARNELLOSSO, A. S.; INKLMAN, V. B.; MEUS, L. D.; SOARES, C. F.; ASSIS, G. A. de; TAGLIAPIETRA, E. L.; SILVA, M. R. da; STRECK, N. A.; ZANON, A. J. O que e quais são os componentes que determinam a produtividade de arroz irrigado?. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 36-39, 24 jul. 2022.
- PETTORELLI, N.; VIK, J. O.; MYSTERUD, A.; GAILLARD, J.; TUCKER, C. J.; STENSETH, N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 20, n. 9, p. 503-510, 2005. DOI 10.1016/j.tree.2005.05.011.
- R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.
- RAUN, W. R.; SOLIE, J. B.; JOHNSON, G. V.; STONE, M. L.; LUKINA, E. V.; THOMASON, W. E.; SCHEPERS, J. S. In-Season Prediction of Potential Grain Yield in Winter Wheat Using Canopy Reflectance. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 1, p. 131-138, 2001. DOI 10.2134/agronj2001.931131x.
- READ, J. J.; WHALEY, E. L.; TARPLEY, L.; REDDY, K. R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. *In*: VANTOAI, Tara; MAJOR, David; MCDONALD, Miller; SCHEPERS, James; TARPLEY, Lee. **Digital Imaging and Spectral Techniques**: applications to precision agriculture and crop physiology. Madison, USA: American Society of Agronomy, 2004. p. 177-195. (ASA Special Publications, 66). DOI 10.2134/asaspecpub66.c14.
- REHMAN, T. H.; REIS, A. F. B.; AKBAR, N.; LINQUIST, B. A. Use of Normalized Difference Vegetation Index to Assess N Status and Predict Grain Yield in

Rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 111, n. 6, p. 2889-2898, 2019. DOI 10.2134/agronj2019.03.0217.

ROBERTSON, M. J.; LLEWELLYN, R. S.; MANDEL, R.; LAWES, R.; BRAMLEY, R. G. V.; SWIFT, L.; METZ, N.; O'CALLAGHAN, C. Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 13, p. 181-199, 2012. DOI 10.1007/s11119-011-9236-3.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Nasa Special Publication**, v. 351, n. 1, p. 309-317, 1974

SANTOS, A. B.; SILVA, M. A. S.; HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; FERREIRA, C. M.; PIMENTA, L. B.; COSTA, C. F. Uso do clorofilômetro reduz a dose de nitrogênio em arroz irrigado em várzea tropical. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Balneário Camboriú: IRGA, 2019.

SANTOS, G. O.; ROSALEN, D. L.; DE FARIA, R. T. Correlação entre o índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) e a produção de biomassa seca de braquiária brizanta. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande, MS. **Resumos [...]**. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.

SATAKE, T. Research on cool injury of paddy rice plant in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 4, n. 4, p. 5-10, 1969.

SCHIPANSKI, M. E.; BARBERCHECK, M.; DOUGLAS, M. R.; FINNEY, D. M.; HAIDER, K.; KAYE, J. P.; KEMANIAN, A. R.; MORTENSEN, D. A.; RYAN, M. R.; TOOKER, J.; WHITE, C. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. **Agricultural Systems**, Barking, v. 125, p. 12-22, 2014. DOI 10.1016/j.agsy.2013.11.004.

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S.; REIS, J. C. L. **Racionalização da Aplicação de Fertilizante Nitrogenado na Produção de Arroz Irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 200).

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S.; REIS, J. C. L.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P. C. O. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: Potencial de fornecimento de nitrogênio (15N) de adubos verdes e mineral para o arroz irrigado. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2005. 22 p. v. 21. ISSN 1981-5980.

SEMBIRING, H.; LEES, H. L.; RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V.; SOLIE, J. B.; STONE, M. L.; LUKINA, E. V.; COSSEY, D. A.; LARUFFA, J. M.; WOOLFOLKS, C. W.; PHILLIPS, S. B.; THOMASON, W. E. Effect of growth stage and variety on spectral radiance in winter wheat. **Journal of plant nutrition**, Athens, v. 23, n. 2000, n. 1, p. 141-149, 2008. DOI 10.1080/01904160009382003.

SGANZERLA, D. C. **Dinâmica do crescimento do consórcio trevo-persa e azevém anual sob diferentes intervalos de desfolhas**. Orientador: Otoniel Geter Lauz Ferreira. 2013. 92 f. Tese (Doutor em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

SGANZERLA, D. C.; MONKS, P. L.; LEMOS, G. S.; PEDROSO, C. E. S.; CASSAL, V. B.; BILHARVA, M. G. Manejo da desfolha de duas variedades de trevo-persa cultivadas em solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 12, p. 2699-2705, 2011. DOI 10.1590/S1516-35982011001200012.

SNAPP, S. S.; SWINTON, S. M.; LABARTA, R.; MUTCH, D.; BLACK, J. R.; LEEP, R.; NYIRANEZA, J.; O'NEIL, K. Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 1, p. 322-332, 2005. DOI 10.2134/agronj2005.0322a.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações da Pesquisa para o Sul do Brasil**. 33. ed. Porto Alegre, RS: Epagri, 2022. 205 p. ISBN 978-85-69592-03-8.

SOLARI, F.; SHANAHAN, J.; FERGUSON, R.; SCHEPERS, J.; GITELSON, A. Active Sensor Reflectance Measurements of Corn Nitrogen Status and Yield Potential. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 571-579, 2008. DOI 10.2134/agronj2007.0244.

SOUSA, R.O. **Oxirredução em solos alagados afetada por resíduos vegetais**. Orientador: Egon José Meurer. 2001. 164 f. Tese (Doutor em Ciências) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SOUSA, R. O.; CARLOS, F. S.; DA SILVA, L. S.; SCIVITTARO, W. B.; RIBEIRO, P. L.; DE LIMA, C. L. R. No-tillage for flooded rice in Brazilian subtropical paddy fields: history, challenges, advances and perspectives. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 45, 2021. DOI 10.36783/18069657rbc20210102.

STAGNARI, F.; MAGGIO, A.; GALIENI, A.; PISANTE, M. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, Heidelberg, v. 4, n. 2, 2017. DOI 10.1186/s40538-016-0085-1.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. rev. e aum. Porto Alegre, RS: Emater/RS - Ascar, 2018. 252 p. ISBN 978-85-98842-20-2.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for windows version 12.0**. San Jose: Systat Software, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rer. e aum. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. (Boletim técnico de solos, 5).

THILAKARATHNA, M. S.; SERRAN, S.; LAUZON, J.; JANOVICEK, K.; DEEN, B. Management of Manure Nitrogen Using Cover Crops. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 4, p. 1595-1607, 2015. DOI 10.2134/agronj14.0634.

TRENTIN, C.; BREDEMEIER, C.; VIAN, A. L.; DRUM, M. A.; DOS SANTOS, F. L. Biomass production and wheat grain yield and its relationship with NDVI as a function of nitrogen availability. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 16, n. 4, 2021. DOI 0.5039/agraria.v16i4a34.

TRIBOUILLOIS, H.; COHAN, J.; JUSTES, E. Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. **Plant Soil**, The Hague, v. 401, p. 347-364, 2016. DOI 10.1007/s11104-015-2734-8.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Census of Agriculture**. Washington, DC, 2023.

VARINDERPAL-SINGH; KUNAL; KAUR, R.; MEHTAB-SINGH; MOHKAM-SINGH; HARPREET-SINGH.; BIJAY, Singh. Prediction of grain yield and nitrogen uptake by basmati rice through in-season proximal sensing with a canopy reflectance sensor. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 23, p. 733-747, 2022. DOI 10.1007/s11119-021-09857-0.

VERNETTI JÚNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, 2009. DOI 10.1590/S0103-84782009005000112.

VOGELER, I.; BÖLDT, M.; TAUBE, F. Mineralisation of catch crop residues and N transfer to the subsequent crop. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 810, n. 152142, 2022. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.152142.

WANG, S.; GUO, S.; ZHAI, L.; HUA, L.; KHOSHNEVISAN, B.; WANG, H.; LIU, H. Comprehensive effects of integrated management on reducing nitrogen and phosphorus loss under legume-rice rotations. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 316, n. 132031, 2022. DOI 10.1016/j.jclepro.2022.132031.

WEINERT, C. **Manejo do trevo persa e da adubação nitrogenada para o arroz irrigado: dinâmica de nutrientes no solo e resposta de plantas**. Orientador: Filipe Selau Carlos. 2021. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

WEINERT, C.; DE SOUSA, R. O.; BORTOWSKI, E. M.; CAMPELO, M. L.; PACHECO, D. S.; DOS SANTOS, L. V.; DEUNER, S.; VALENTE, G. B.; MATTOS, A. B.; VARGAS, V. L.; MARTINS, A. P.; CAMARGO, F. A. O.; CARLOS, F. S. Legume winter cover crop (*Persian clover*) reduces nitrogen requirement and increases

grain yield in specialized irrigated hybrid rice system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 142, [art.]. 126645, 2023. DOI 10.1016/j.eja.2022.126645.

WEINERT, C.; PACHECO, D. S.; LUCENA, W. F.; OLIVEIRA, T. B.; NUNES, C. A.; PICANÇO, V. C.; RIEFFEL, J.; BORTOWSKI, E. M.; CAMPELO, M. L.; CARLOS, F. S. Produtividade de arroz irrigado em sucessão a cultura do trevo persa. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Resumo Expandido** [...]. Florianópolis: Epagri, 2019.

WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLER, G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 236, [art.]. 111402, 2020. DOI 10.1016/j.rse.2019.111402.

WINKLER, A. S. **Variabilidade espaço-temporal de atributos do solo e da produtividade de arroz irrigado em área sistematizada de terras baixas**. Orientador: Luís Carlos Timm. 2018. 85 f. Tese (Doutor em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

WOLTER, R. C. D.; BERGMANN, C.; NEVES, G. CORRÊA, M. C.; VALENTE, G. B. Resposta a nitrogênio para as cultivares de arroz irrigado Guri Inta CL, IRGA 431 CL e IRGA 424 RI. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú. **Anais** [...]. Florianópolis: Epagri, 2019.

YAO, Y.; MIAO, Y.; CAO, Q.; WANG, H.; GNYP, M. L.; BARETH, G.; KHOSLA, R.; YANG, W.; LIU, F.; LIU, C. In-Season Estimation of Rice Nitrogen Status With an Active Crop Canopy Sensor. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Basel, v. 7, n. 11, p. 4403-4413, 2014. DOI 10.1109/JSTARS.2014.2322659.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños, Laguna, Filipinas: International Rice Research Institute, 1981. 269 p. ISBN 978-65-87380-38-4.

YOUNG, A. J.; BRITTON, G. Carotenoids and oxidative stress. *In*: **Current Research in Photosynthesis: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHOTOSYNTHESIS**, 8., 1989, Stockholm. **Proceedings** [...]. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 3381-3384, 1990.

YU, Y.; XUE, L.; YANG, L. Winter legumes in rice crop rotations reduces nitrogen loss, and improves rice yield and soil nitrogen supply. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, Paris, v. 34, p. 633-640, 2014. DOI 10.1007/s13593-013-0173-6.

ZHANG, J.; LIU, X.; LIANG, Y.; CAO, Q.; TIAN, Y.; ZHU, Y.; CAO, W.; LIU, X. Using a Portable Active Sensor to Monitor Growth Parameters and Predict Grain Yield of Winter Wheat. **Sensors**, Basel, v. 19, n. 5, 2019. DOI 10.3390/s19051108.

ZHANG, X.; DAVIDSON, E. A.; MAUZERALL, D. L.; SEARCHINGER, T. D.; DUMAS, P.; SHEN, Y. Managing nitrogen for sustainable development. **Nature**, London, v. 528, p. 51-59, 2015. DOI 10.1038/nature15743.



ZHAO, A.; ZHANG, A.; CAO, S.; LIU, X.; LIU, J.; CHENG, D. Responses of vegetation productivity to multi-scale drought in Loess Plateau, China. **Catena**, Cremlingen, v. 163, p. 165-171, 2018. DOI 10.1016/j.catena.2017.12.016.

ZHAO, X.; WANG, S.; XING, G. Maintaining rice yield and reducing N pollution by substituting winter legume for wheat in a heavily-fertilized rice-based cropping system of southeast China. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 202, p. 79-89, 2015. DOI 10.1016/j.agee.2015.01.002.

ZHOU, X.; ZHENG, H. B.; XU, X. Q.; HE, J. Y.; GE, X. K.; YAO, X.; CHENG, T.; ZHU, Y.; CAO, W. X.; TIAN, Y. C. Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Basel, v. 130, p. 246-255, 2017. DOI 10.1016/j.isprsjprs.2017.05.003.

ZHU, B.; YI, L.; GUO, L.; CHEN, G.; HU, Y.; TANG, H.; XIAO, C.; XIAO, X.; YANG, G.; ACHARYA, S. N.; ZENG, Z. Performance of two winter cover crops and their impacts on soil properties and two subsequent rice crops in Dongting Lake Plain, Hunan, China. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 124, p. 95-101, 2012. DOI 10.1016/j.still.2012.05.007.

ZHU, X.; LIU, D. Improving Forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 102, p. 222-231, 2015. DOI 10.1016/j.isprsjprs.2014.08.014.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, A. L. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2021. cap. 14, p. 263-303. ISBN 978-65-87380-38.

## 7 APÊNDICES

**APÊNDICE 1.** Resumo da análise de variância, teste F ( $p \leq 0,05$ ) para biomassa e N acumulado no trevo persa nas safras 2021 e 2022.

FV <sup>1</sup>	2021			2022		
	GL <sup>2</sup>	Valor de p		GL <sup>2</sup>	Valor de p	
		Biomassa	N acumulado		Biomassa	N acumulado
E <sup>3</sup>	<b>3</b>	0.00000	0.00000	<b>2</b>	0.022475	0.02166

<sup>1</sup>FV (Fator de Variação); <sup>2</sup>GL (Graus de Liberdade); <sup>3</sup>E (Época).

**APÊNDICE 2.** Resumo da análise de variância, teste F ( $p \leq 0,05$ ) para biomassa e N acumulado no resíduo nas safras 2021 e 2022.

FV <sup>1</sup>	2021			2022		
	GL <sup>2</sup>	Valor de p		GL <sup>2</sup>	Valor de p	
		Biomassa	N acumulado		Biomassa	N acumulado
E <sup>3</sup>	<b>3</b>	0.00033	0.00000	<b>2</b>	0.93709	0.51634

<sup>1</sup>FV (Fator de Variação); <sup>2</sup>GL (Graus de Liberdade); <sup>3</sup>E (Época).

**APÊNDICE 3.** Resumo da análise de variância, teste F ( $p \leq 0,05$ ) para biomassa e N acumulado na cultura do arroz irrigado nas safras 2021/22 e 2022/23 em três estádios distintos (V5, V8 e R1).

ESTÁDIO	FV <sup>1</sup>	2021/22			2022/23		
		GL <sup>2</sup>	Valor de p		GL <sup>2</sup>	Valor de p	
			Biomassa	N acumulado		Biomassa	N acumulado
<b>V5</b>	D <sup>3</sup>	<b>1</b>	0.00002	0.00000	1	0.0580	0.0012
	E <sup>4</sup>	<b>4</b>	0.41641	0.21603	3	0.0095	0.1243
	D x E	<b>4</b>	0.42048	0.18286	3	0.5786	0.5327
<b>V8</b>	D	<b>1</b>	0.00000	0.00000	1	0.0000	0.0000
	E	<b>4</b>	0.40836	0.59718	3	0.6880	0.9118
	D x E	<b>4</b>	0.74160	0.80440	3	0.9827	0.9921
<b>R1</b>	D	<b>1</b>	0.00000	0.00006	1	0.1553	0.0074
	E	<b>4</b>	0.00776	0.00000	3	0.0128	0.1127
	D x E	<b>4</b>	0.00044	0.00224	3	0.1115	0.7936

<sup>1</sup>FV (Fator de Variação); <sup>2</sup>GL (Graus de Liberdade); <sup>3</sup>D (Dose); <sup>4</sup>E (Época).

**APÊNDICE 4.** Resumo da análise de variância, teste F ( $p \leq 0,05$ ) para a produtividade, estande de plantas (plantas m<sup>-2</sup>), panículas por m<sup>2</sup>, número de grãos por panícula e peso de mil grãos para a cultura do arroz irrigado cultivado em sucessão a leguminosa trevo persa na safra 2021/22 analisando as épocas de dessecação do trevo persa e as doses de nitrogênio em comparação ao pousio sem N e pousio com N.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p					
		PROD <sup>3</sup>	PLAN <sup>4</sup>	PAN <sup>5</sup>	GP <sup>6</sup>	PMG <sup>7</sup>	ESTE <sup>8</sup>
D <sup>9</sup>	1	<0.000	0.12078	<0.000	0.07319	0.11847	0.00098
E <sup>10</sup>	4	0.0242	0.03332	0.20263	0.00096	0.022	0.13166
D x E	4	0.22103	0.892	0.05266	0.0037	0.01831	0.99229
Testemunha	1	<0.000	0.45168	0.00845	0.54576	0.24934	0.0785
Test x (DxE)	1	0.00467	0.00004	0.36592	0.33844	0.0025	0.07797

<sup>1</sup>FV (Fator de Variação); <sup>2</sup>GL (Graus de Liberdade); <sup>3</sup>Prod (Produtividade); <sup>4</sup>Plan (Estande de plantas); <sup>5</sup>GP (Grãos/panícula); <sup>7</sup>PMG (Peso de mil grãos); <sup>8</sup>Este (Esterilidade); <sup>9</sup>D (Dose); <sup>10</sup>E (Época).

**APÊNDICE 5.** Resumo da análise de variância, teste F ( $p \leq 0,05$ ) para a produtividade, estande de plantas (plantas m<sup>-2</sup>), panículas por m<sup>2</sup>, número de grãos por panícula e peso de mil grãos para a cultura do arroz irrigado cultivado em sucessão a leguminosa trevo persa na safra 2022/23 analisando as épocas de dessecação do trevo persa e as doses de nitrogênio em comparação ao pousio sem N e pousio com N.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p					
		PROD <sup>3</sup>	PLAN <sup>4</sup>	PAN <sup>5</sup>	GP <sup>6</sup>	PMG <sup>7</sup>	ESTE <sup>8</sup>
D <sup>9</sup>	1	0.00277	0.01592	0.0743	0.19177	0.70701	0.5712
E <sup>10</sup>	3	0.03448	0.02896	0.0123	0.73964	0.14482	0.8879
D x E	3	0.76082	0.19253	0.17229	0.56882	0.59995	0.8562
Testemunha	1	0.0071	0.45907	0.39009	0.36091	0.57352	0.67207
Test x (DxE)	1	0.36605	0.00000	0.00668	0.11093	0.19683	0.16257

<sup>1</sup>FV (Fator de Variação); <sup>2</sup>GL (Graus de Liberdade); <sup>3</sup>Prod (Produtividade); <sup>4</sup>Plan (Estande de plantas); <sup>5</sup>GP (Grãos/panícula); <sup>7</sup>PMG (Peso de mil grãos); <sup>8</sup>Este (Esterilidade); <sup>9</sup>D (Dose); <sup>10</sup>E (Época).

**APÊNDICE 6.** Resumo da análise de variância para a variação temporal do NDVI sem aplicação de N na safra 2021/22.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p												
		<b>15</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>84</b>	<b>90</b>	<b>97</b>	<b>104</b>
Época	<b>5</b>	0.16737	0.58350	0.1592 1	0.0001 4	0.0339 6	0.1128 5	0.1787 1	0.0023 8	0.1192 5	0.2287 9	0.2133 0	0.0042 5	0.1067 4

**APÊNDICE 7.** Resumo da análise de variância para a variação temporal do NDVI com aplicação de N na safra 2021/22.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p												
		<b>15</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>84</b>	<b>90</b>	<b>97</b>	<b>104</b>
Época	<b>5</b>	0.0948 2	0.4099 7	0.7001 8	0.1817 6	0.0001 3	0.09488	0.14378	0.0266 0	0.0207 6	0.2337 2	0.3860 5	0.5631 8	0.13479

**APÊNDICE 8.** Resumo da análise de variância para a variação temporal do NDVI sem aplicação de N na safra 2022/23.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p									
		<b>25</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>106</b>
Época	<b>4</b>	0.21504	0.40338	0.09808	0.23096	0.15894	0.00170	0.14361	0.22071	0.18891	0.13763

**APÊNDICE 9.** Resumo da análise de variância para a variação temporal do NDVI com aplicação de N na safra 2022/23.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Valor de p									
		<b>25</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>106</b>
Época	<b>4</b>	0.00327	0.19860	0.28327	0.00308	0.42117	0.10888	0.09349	0.06273	0.65785	0.00266