

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

MANEJO DA PALHA DE AZEVÉM PARA CULTIVO DE  
ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO

Darlan Rodrigo Marchesi  
Engenheiro Agrônomo/UDESC

Dissertação apresentada com um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Fisiologia e Manejo Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2011



## DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, em especial à esposa Jadna Karueta Bratti e aos  
filhos Otávio Luiz Marchesi e Ana Laura Marchesi,  
pelo incentivo para o cumprimento  
de mais essa etapa.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Regis pela orientação, dedicação, amizade e exemplo de profissionalismo.

Aos colegas Michael da Silva Serpa, Vladirene Macedo Vieira, Ives Claiton Goulart, Guilherme Menegatti, Silmara Correa e aos bolsistas de iniciação científica Bruna Guterres Soares, Cristhiano Gehlen e Guilherme Borba Menezes pela ajuda na realização do trabalho e pela amizade.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) pelo incentivo e apoio financeiro, e em especial ao gerente regional Renato Bez Fontana e aos pesquisadores Luiz Augusto Martins Peruch e Alvaro Back.

À Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz, pela viabilização dos trabalhos à campo, aos pesquisadores Daniel Grohs e Valmir G. Menezes, e em especial à pesquisadora Madalena Boeni, pelo apoio na execução do trabalho e amizade.

Ao professor Ibanor Anghinoni pela orientação no planejamento e condução do experimento e exemplo de profissionalismo.

Aos técnicos agrícolas e funcionários do Instituto Rio Grandense do Arroz pelo auxílio na realização do trabalho.

Ao técnico de laboratório Fábio e aos professores do Departamento de Plantas de Lavoura, em especial aos professores Christian Bredemeier, André Thomas e às professoras Carla Andrea Delatorre e Marisa Anzolin (*in memória*).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio financeiro.

# MANEJO DA PALHA DE AZEVÉM PARA CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO<sup>1</sup>

Autor: Darlan Rodrigo Marchesi  
Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva  
Co-orientador: Luiz Augusto Martins Peruch

## RESUMO

O cultivo de arroz irrigado em sucessão ao azevém como planta de cobertura do solo pode intensificar a ciclagem de nutrientes e melhorar a qualidade de solo, podendo contribuir para aumentar o rendimento de grãos de forma sustentável, e viabilizar o uso de sistema de integração lavoura-pecuária. No entanto, o manejo inadequado de resíduos de azevém pode atrasar a época de semeadura do arroz e prejudicar a emergência e o desenvolvimento inicial das plantas. Assim, os objetivos do trabalho foram: 1) avaliar diferentes tipos de manejo da palha de azevém sobre a mineralização e a sincronia de liberação de nutrientes para o arroz irrigado; 2) determinar os efeitos de tipos de manejo da palha de azevém antecedendo a semeadura do arroz no estabelecimento e no desenvolvimento inicial das plantas de arroz e 3) avaliar o potencial produtivo do arroz irrigado em sucessão ao azevém, sob três tipos de manejo da palha. O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2009/10 e 2010/11) em Cachoeirinha, RS. Os tratamentos constaram de três tipos de manejo da palha de azevém: 1) azevém manejado com cortes periódicos da parte aérea, simulando pastejo; 2) palha de azevém mantida em pé e 3) palha de azevém rolada, e de uma testemunha com solo em pousio, e do cultivo do arroz irrigado sob três níveis de adubação: sem adubação e adubações para expectativas de resposta média e alta. Os resultados demonstram que o manejo da parte aérea do azevém, com cortes periódicos, simulando o pastejo, intensifica a ciclagem de nutrientes, embora não refletido no rendimento de grãos de arroz irrigado, em relação ao manejo com azevém mantido em pé ou rolado. Sob condições de adequação da área de cultivo, o manejo do azevém com cortes da planta, simulando pastejo, e dessecado com antecedência mínima de 21 dias da semeadura, melhora o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas de arroz em relação ao manejo com azevém mantido em pé ou rolado. O cultivo de arroz irrigado em sucessão ao pousio favorece o estabelecimento da lavoura e o desenvolvimento inicial das plantas em relação à presença de azevém como planta de cobertura do solo. Sem adubação na cultura do arroz irrigado, o cultivo contínuo durante dois anos é prejudicial para a manutenção do rendimento de grãos. A aplicação de adubação no arroz irrigado possibilita o incremento no rendimento de grãos, desde que, haja a ocorrência de condições climáticas e de manejo favoráveis para o desenvolvimento das plantas.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil ( 107 p.) Abril, 2011.

# MANAGEMENT OF RYEGRASS STRAW FOR CULTIVATION IRRIGATED RICE IN SUCCESSION<sup>1</sup>

Author: Darlan Rodrigo Marchesi  
Adviser: Paulo Regis Ferreira of Silva  
Co-adviser: Luiz Augusto Martins Peruch

## ABSTRACT

The rice cropping in succession to ryegrass as cover crop in the winter can improve soil quality and enhance nutrient cycling. Thus, it is possible to increase grain yield in a sustainable manner. Also allows the diversification of production with the use of integrated crop-livestock. However, high yield of ryegrass residues on the soil may delay the sowing season of rice and undermine the emergence and early growth of rice plants in succession. Thus, the objectives were: 1) To evaluate the effects of different management strategies of ryegrass straw on the mineralization and synchrony of nutrient release for rice production in succession, 2) determine the effects of different management strategies of ryegrass straw prior to sowing rice in the establishment and early development of rice plants, and 3) evaluate the productive of irrigated rice crop in ryegrass under three management of straw. The experiment was conducted in two growing seasons (2009/10 and 2010/11) in Cachoeirinha, RS, Brazil. The treatments consisted of three management strategies of ryegrass straw: 1) ryegrass pasture with periodic shutdowns of the shoot, simulating grazing, 2) of ryegrass straw kept standing and 3) rolled ryegrass straw with a witness in fallow soil in winter and the cultivation of rice in succession, under three levels of fertilization, no fertilization and fertilization for medium and high response. The results demonstrate that the management of the aerial part of ryegrass with periodic shutdowns simulating grazing, enhances nutrient cycling, although not reflected in grain yield of rice in relation to management with ryegrass kept standing or rolled. Under conditions of adequate farming area, the management of ryegrass with plant cuttings, simulating grazing, and dried with a minimum of 21 days from sowing, improves the establishment and development of rice plants in relation to management with ryegrass kept standing or rolled. The rice crop in succession to fallow favors the establishment of crop and plant development in relation to the presence of ryegrass as cover crop soil. Without fertilization on irrigated rice, the cultivation continued for two years is harmful to the maintenance of grain yield. The application of fertilizer in rice by increasing the yield, provided that there is the climatic conditions and management conducive to the development of plants.

---

<sup>1</sup> Master of Science Dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (107 p.) April, 2011.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Potencial de uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea.....	5
2.2 Limitações e estratégias para viabilizar o cultivo de arroz irrigado em sistemas de sucessão de culturas.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Local de execução.....	19
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	20
3.3 Manejo da cultura do azevém.....	21
3.4 Manejo da cultura do arroz irrigado.....	22
3.5 Parâmetros avaliados.....	24
3.5.1 Elementos meteorológicos.....	24
3.5.2 Cultura do azevém.....	25
3.5.2.1 Teor de água retida no solo.....	25
3.5.2.2 Rendimento de massa seca da parte aérea.....	25
3.5.2.3 Teor de C e dos macronutrientes N, P e K na massa seca da parte aérea das plantas.....	26
3.5.2.4 Quantidade de N, P e K acumulada por hectare na massa seca da parte aérea das plantas.....	26
3.5.2.5 Decomposição da palha de azevém pelo uso de sacos de decomposição ( <i>litter bags</i> ).....	27
3.5.3 Cultura do arroz irrigado.....	27
3.5.3.1 Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas.....	27
3.5.3.2 Densidade inicial de plantas.....	28
3.5.3.3 Rendimento de massa seca da parte aérea.....	28
3.5.3.4 Estatura de planta.....	28
3.5.3.5 Teor de N, P e K na massa seca da parte aérea das plantas....	28
3.5.3.6 Quantidade de N, P e K acumulada na massa seca da parte aérea das plantas.....	28
3.5.3.7 Número de perfilhos por planta.....	29
3.5.3.8 Componentes do rendimento.....	29
3.5.3.9 Esterilidade de espiguetas.....	29
3.5.3.10 Índice de colheita aparente.....	29

	Página
3.5.3.11 Rendimento de grãos.....	30
3.5.3.12 Rendimento do grão.....	30
3.5.3.13 Teor de proteína nos grãos polidos.....	30
3.5.4 Teor de argila e atributos químicos do solo.....	30
3.6 Análise estatística.....	31
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 Dados meteorológicos referentes aos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11.....	32
4.1.1 Radiação solar global.....	32
4.1.2 Temperatura média do ar .....	33
4.1.3 Precipitação pluvial durante o período anterior à semeadura ao estabelecimento inicial do arroz irrigado.....	34
4.2 Parâmetros relacionados à cultura do azevém.....	36
4.2.1 Rendimento de massa seca e relação C:N de resíduos.....	36
4.2.2 Teor e quantidade acumulada por hectare de N, P e K nos resíduos das plantas.....	38
4.2.3 Taxa de decomposição de resíduos de azevém.....	41
4.2.4 Teor de água no solo no período entre a dessecação das plantas de azevém e o estágio V <sub>3</sub> das plantas de arroz.....	44
4.3 Parâmetros relacionados ao desenvolvimento da cultura do arroz irrigado.....	45
4.3.1 Índice de velocidade de emergência de plântulas.....	45
4.3.2 Densidade inicial de plantas.....	46
4.3.3 Rendimento de massa seca de parte aérea de plantas de arroz no estágio V <sub>3</sub> .....	47
4.3.4 Estatura de planta de arroz irrigado no estágio V <sub>3</sub> .....	48
4.3.5 Teores e quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea das plantas de arroz no estágio V <sub>3</sub> .....	48
4.3.6 Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio V <sub>8</sub> .....	53
4.3.7 Número de perfilhos por planta no estágio V <sub>8</sub> .....	53
4.3.8 Teor e quantidade acumulada de N, P e K por hectare na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio V <sub>8</sub> .....	55
4.3.9 Rendimento de massa seca parte aérea do arroz irrigado na antese.....	58
4.3.10 Teores e quantidades acumuladas por hectare de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio R <sub>4</sub> .....	59
4.4 Parâmetros relacionados aos componentes do rendimento, rendimento de grãos e qualidade de grãos de arroz.....	65

	Página
4.4.1 Número de panículas por metro quadrado de arroz.....	65
4.4.2 Número de grãos por panícula.....	66
4.4.3 Peso do grão.....	67
4.4.4 Esterilidade de espiguetas.....	68
4.4.5 Índice de colheita.....	69
4.4.6 Rendimento de grãos.....	70
4.4.7 Rendimento do grão.....	72
4.4.8 Teor de proteína nos grãos polidos.....	72
4.5 Teor de argila e atributos químicos do solo ao final do experimento.....	73
5 DISCUSSÃO.....	76
6 CONCLUSÕES.....	90
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
8 APÊNDICES.....	101
9 VITA.....	107

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Teor de argila e atributos químicos do solo da área experimental de amostras coletadas em três anos. Cachoeirinha, RS.....	20
2. Rendimento de massa seca da parte aérea e relação C:N de resíduos de azevém e de plantas presentes no pousio. Cachoeirinha, RS, 2009.....	36
3. Rendimento de massa seca da parte aérea e relação C:N de resíduos de azevém em função de tipos de manejo da palha de azevém em sucessão ao arroz irrigado, cultivado no ano anterior (2009/10) sob três níveis de adubação. Cachoeirinha, RS, 2010.....	37
4. Teores e quantidades acumuladas de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas de azevém, em função de três tipos de manejo da palha do azevém e do solo em pousio. Cachoeirinha, RS, 2009..	39
5. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas de azevém em função de tipos de manejo da palha e de nível de adubação no do arroz cultivado no ano anterior. Cachoeirinha, RS, 2010....	40
6. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de azevém em função de tipos de manejo da palha e de nível de adubação no arroz cultivado no ano anterior. Cachoeirinha, RS, 2010.....	41
7. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	45
8. Densidade inicial de plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	46
9. Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	47
10. Estatura de planta de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	48

	Página
11. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	50
12. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado com três folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	52
13. Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	53
14. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas, cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	54
15. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	56
16. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	58
17. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	59
18. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.....	60
19. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	61
20. Quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.....	62
21. Quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese <sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	64

	Página
22. Número de panículas de arroz irrigado, cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	66
23. Número de grãos por panícula de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	67
24. Peso do grão de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	68
25. Esterilidade de espiguetas do arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	69
26. Índice de colheita aparente do arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	70
27. Rendimento de grãos de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	71
28. Rendimento do grão de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.....	72
29. Teor de proteína nos grãos polidos de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.....	73
30. Teor de argila, pH e CTC do solo cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	74
31. Teor de matéria orgânica, P e K do solo cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	75

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Radiação solar global por decêndio nos meses de setembro a março referente aos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11 e à média do período de 1975 a 2002. Cachoeirinha, RS.....	33
2. Temperatura média do ar por decêndio nos meses de setembro a março referentes às estações de crescimento 2009/10 e 2010/11 e à média do período de 1960 a 1999. Cachoeirinha, RS.....	34
3. Precipitação pluvial ocorrida no período que antecedeu o cultivo de arroz irrigado e durante o desenvolvimento inicial das plantas de arroz referentes aos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 e à média climática período de 1960 a 1999. Cachoeirinha, RS.....	35
4. Teores remanescentes de N (a), P (b) e K (c) na palha de azevém <sup>1</sup> em sucessão ao primeiro ano de cultivo de arroz em função de sistemas de manejo da palha e do tempo transcorrido após a colocação dos sacos no solo. Cachoeirinha, RS, 2010.....	43
5. Teor de água no solo em três sistemas de manejo da palha de azevém e na testemunha pousio em função do tempo após dessecação de plantas de azevém e espontâneas no pousio até o estágio V <sub>3</sub> das plantas de arroz. Cachoeirinha, RS, 2010/11.....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é a base alimentar de mais da metade da população mundial, sendo, portanto, um alimento estratégico para promover a segurança do alimento dos povos (FAO, 2011). Por outro lado, o atual sistema de produção de arroz irrigado apresenta alta demanda por recursos naturais, técnicos e sócio-econômicos, os quais necessitam ser utilizados de forma eficiente e com menor impacto ao ambiente. O cultivo de arroz irrigado, com base em princípios dos sistemas conservacionistas de semeadura direta em sucessão de culturas, pode contribuir para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola em áreas de várzea.

Em terras altas, os benefícios dos sistemas de produção com manejo conservacionista do solo já estão consolidados e conhecidos da comunidade científica, técnico-científica e dos agricultores. Porém, em áreas de várzea, ainda são poucos os estudos de sistemas de produção de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno, o que limita a sua ampla adoção. Nesse sentido, a utilização de sistemas focados em promover a qualidade do solo e reduzir a perda de nutrientes, pode resultar em vários benefícios para a cultura do arroz. Um dos principais benefícios relaciona-se ao processo de “construção” da fertilidade do solo, que pode ser verificado pelo incremento, a médio e longo prazo, dos teores de matéria orgânica do solo. Isso se reflete em aumento da capacidade de troca de íons, que é uma das propriedades do solo essencial para a redução de perdas de nutrientes. Outra vantagem é a possibilidade de integrar o cultivo de arroz irrigado com a produção pecuária ao utilizar espécies de cobertura de solo na alimentação animal. A integração lavoura-pecuária possibilita a diversificação de renda na propriedade e a inclusão da produção animal como elemento de manejo das coberturas de solo de inverno e, em consequência, a intensificação da ciclagem de nutrientes no solo.

No Brasil, a produção anual de arroz é de cerca de 12,8 milhões de toneladas de grãos, originada em mais de dois terços do cultivo de arroz irrigado em áreas de várzea nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (IBGE, 2011). Nesses estados, o

arroz é cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades por agricultores familiares e empresariais. Na maioria das lavouras, se utiliza altos investimentos e tecnologia, desde a produção até o beneficiamento dos grãos. Em algumas regiões, essa cultura é cultivada anualmente em sistemas contínuos e, em outras, participa de sistemas com áreas em pousio, utilizadas com pecuária de corte extensiva, aproveitando-se a resteva do arroz e a pastagem nativa em intervalos de dois, três ou mais anos. A condição de manter áreas em pousio no intuito de recuperar as condições favoráveis para cultivo de arroz irrigado é limitada em pequenas propriedades da agricultura familiar por fatores econômicos, visto o alto custo de produção dessa lavoura. Dessa forma, em algumas regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, cultiva-se arroz anualmente, como na Depressão Central e nas Planícies Costeira Interna e Externa, sem uso de coberturas de solo no inverno. Isso pode limitar ou mesmo diminuir os rendimentos de grãos ao longo dos anos por reduzir a fertilidade do solo que, nessas regiões já é naturalmente limitada. A utilização contínua desses sistemas pode também aumentar a incidência de pragas, moléstias e plantas daninhas. Essa realidade representa um desafio para se aumentar as eficiências técnica e econômica dos sistemas de produção de arroz irrigado, levando também em consideração a sustentabilidade ambiental.

Dentre os desafios para planejamento e implantação de sistemas de sucessão de culturas em áreas de várzea, destaca-se a condição natural de má drenagem dos solos que a compõem. Essa característica pode limitar a semeadura do arroz em sucessão na época preferencial (meados de setembro a 10 de novembro), que é uma das condições essenciais para definição do rendimento de grãos. A má drenagem do solo também é um dos principais entraves ao desenvolvimento de espécies e/ou cultivares de terras altas pouco adaptadas a condições de hipoxia. Ela pode, ainda, influenciar a taxa de decomposição de resíduos vegetais e favorecer o acúmulo de ácidos orgânicos, dificultando o estabelecimento e o desenvolvimento inicial das plantas de arroz em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno.

A espécie de cobertura de solo de inverno mais usada em áreas de várzea é o azevém. Sua importância é estratégica, já que é uma dos poucos cultivos adaptados a esse ambiente, podendo-se obter altos rendimentos de massa seca com simples adição de nitrogênio. Essas características conferem às plantas de azevém alta capacidade de ciclar nutrientes, que se constitui em um dos principais benefícios de sua utilização antecedendo a cultura do arroz. Além disso, o azevém possui grande versatilidade de uso, podendo ser utilizado para cobertura de solo ou para pastejo por animais.

Assim, a primeira hipótese deste trabalho estabelece que o uso de azevém antecedendo o cultivo arroz irrigado poderá intensificar a ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, especialmente sob condições de elevado rendimento de massa seca e com manejo adequado da palha.

Desta forma, a adoção de sistemas de produção que melhorem a capacidade produtiva dos solos, pode contribuir para a sustentabilidade do sistema de produção de arroz irrigado. Por outro lado, poderá haver limitações no uso de azevém antecedendo o cultivo de arroz irrigado. Uma das principais é a possibilidade da presença de sua palha em quantidade elevada dificultar a semeadura de arroz irrigado na época preferencial. Assim, a segunda hipótese deste trabalho é de que a semeadura, o estabelecimento e o desenvolvimento inicial de plantas de arroz cultivadas em sucessão na época preferencial poderão ser prejudicados, dependendo da época de dessecação e da quantidade de palha de azevém produzida. Isso pode ocorrer em função, principalmente, da ocorrência de possível impedimento físico da palha de azevém na operação de semeadura do arroz, acúmulo excessivo de água no solo e de imobilização de nutrientes.

Contudo, o desenvolvimento de estratégias eficientes de manejo da palha de azevém pode minimizar tais limitações ao seu uso. Assim, a terceira hipótese estabelece que o cultivo de arroz irrigado em sucessão ao azevém sob adequado manejo poderá ser uma estratégia eficiente para manter ou mesmo aumentar o rendimento de grãos, principalmente em áreas sob cultivo contínuo de arroz irrigado.

Diante do exposto, é essencial avaliar a viabilidade do sistema de sucessão azevém-arroz irrigado e desenvolver estratégias de manejo da palha de azevém, como forma de promover os benefícios do sistema e minimizar seus possíveis efeitos prejudiciais do azevém como cultura antecessora ao arroz irrigado, para assegurar maior sustentabilidade da atividade orizícola.

Assim, os objetivos deste trabalho, conduzido durante dois anos agrícolas, foram:

1. Avaliar os efeitos de diferentes tipos de manejo da palha de azevém na mineralização e na sincronia de liberação de nutrientes para o arroz irrigado em sucessão.
2. Determinar os efeitos de tipos de manejo da palha de azevém antecedendo a semeadura do arroz no estabelecimento e no desenvolvimento inicial de plantas de arroz irrigado cultivado em sucessão.
3. Avaliar o potencial produtivo do arroz irrigado cultivado em sucessão ao azevém, sob diferentes tipos de manejo da palha.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre o potencial de uso de sistemas de sucessão de culturas em áreas de várzea cultivadas com arroz irrigado, destacam-se os seguintes benefícios: aumento dos estoques de carbono do solo, melhoria da qualidade do solo, aumento da ciclagem de nutrientes, principalmente de N, P e K, aumento do potencial de rendimento de grãos de arroz, melhoria dos fatores de proteção ao rendimento de grãos de arroz e possibilidade de utilização da integração lavoura-pecuária.

Por outro lado, há limitações no cultivo de arroz irrigado em sistemas de sucessão de culturas, relacionadas principalmente à viabilização da semeadura do arroz na época preferencial (meados de setembro a 10 de novembro). Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias para reduzir as limitações e potencializar os benefícios da sucessão pode viabilizar o manejo conservacionista do solo em sistemas de produção orizícola em áreas de várzea.

A viabilização desses sistemas de produção agrícola é embasada em princípios da semeadura direta e da rotação e sucessão de culturas. A rotação de culturas é definida como sendo o cultivo ordenado de duas ou mais espécies na mesma área em período superior a um ano. Já a sucessão de culturas envolve o cultivo ordenado de duas ou mais espécies na mesma área num período menor que um ano. Em terras altas, os sistemas de semeadura direta com rotação e sucessão de culturas é muito estudado pela comunidade científica. Atualmente, o mesmo é aceito pelos agricultores, gerando benefícios técnicos, ambientais e sócio-econômicos para toda a sociedade. Em áreas de várzea cultivadas com arroz irrigado ainda são incipientes os estudos sobre sistemas de sucessão de culturas envolvendo a cultura do arroz irrigado. Em função disso, há pouca adoção desses sistemas na produção orizícola.

Apesar disso, é fundamental que os estudos com base em princípios conservacionistas de produção agrícola sejam também realizados em áreas de várzea,

pois é uma forma de viabilizar a sustentabilidade da atividade orizícola. Nesse sentido, é necessário compreender a realidade dos cultivos, identificar as limitações de uso dos sistemas de rotação e sucessão de culturas e desenvolver estratégias que minimizem as limitações existentes e promovam os benefícios potenciais decorrentes de sua utilização. Assim, serão abordados nessa revisão o potencial de uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea, e as limitações e estratégias para viabilizar o cultivo de arroz irrigado em sistemas de sucessão de culturas.

### **2.1 Potencial de uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea**

Há grande potencial de uso de sistemas de sucessão de culturas com o arroz irrigado, visto que mais de dois terços da produção brasileira de grãos de arroz origina-se de cultivos em áreas de várzea nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O cultivo de arroz irrigado agrega altos investimentos e tecnologia em pequenas, médias e grandes áreas por agricultores familiares e empresariais (IBGE, 2011; SOSBAI, 2010). Particularmente, o Rio Grande do Sul, que é o principal estado produtor, a área cultivada anualmente é de, aproximadamente, um milhão de hectares. Porém, a área orizícola disponível para cultivo chega a três milhões de hectares, de um total de 5,4 milhões de hectares de várzeas (SOSBAI, 2010). Isto revela a existência de uma grande área em pousio, com intervalos de dois, três ou mais anos, que vem sendo utilizada com pecuária de corte extensiva, com aproveitamento da resteva do arroz e da pastagem nativa.

No entanto, essa condição de manter áreas em pousio para recuperar a condição de cultivo de arroz irrigado é limitada, em pequenas propriedades, por fatores econômicos, visto o seu alto custo de produção. Dessa forma, em algumas regiões orizícolas do estado do Rio Grande do Sul como na Depressão Central e nas Planícies Costeira Interna e Externa, o seu cultivo é anual, sem uso de coberturas de solo no inverno. O cultivo contínuo de arroz irrigado pode reduzir a fertilidade do solo que, na maioria dos locais, já é naturalmente limitada (BOENI et al., 2010). Além disso, esse sistema de cultivo tem propiciado condições para aumento de incidência de plantas daninhas, principalmente do arroz vermelho, e de pragas e doenças.

Um dos principais benefícios do uso de sistemas de sucessão de culturas é o aumento do estoque de carbono no solo, devido ao seu balanço positivo de carbono (BLAIR et al., 1997; LAL, 2004). Esse aumento resulta da maior adição de resíduos em

relação às perdas que, em sistemas conservacionistas, têm menor taxa de decomposição do que no sistema de preparo convencional do solo (BAYER, et al., 2006; TISDAL, 1996). O aumento dos estoques de carbono ao longo do tempo e, conseqüentemente, de N contribui para o seqüestro do C atmosférico, diminuindo a concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa (LAL, 2004). Esse aspecto tem grande relevância, pois o arroz irrigado é responsável por cerca de 16% das emissões antrópicas dos gases de efeito estufa (IPCC, 2007). A adoção de sistemas conservacionistas de cultivo de arroz irrigado é uma forma de reduzir essas emissões, embora haja liberação de metano durante o alagamento do solo (BAYER et al., 2000; KONGCHUM, 2005; ZSCHORNACK et al., 2009). Outro aspecto importante decorrente do aumento do estoque de carbono do solo é a melhoria da qualidade do solo (MIELNICZUK et al., 2003; VEZZANI, 2001).

Nesse sentido, entende-se como qualidade de solo a capacidade do solo em funcionar dentro de um ecossistema natural ou manejado, com objetivo de sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a sanidade de plantas e animais (DORAN, 1997). Para isso, o solo deve exercer as funções de servir de meio para crescimento das plantas, regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, estocar e promover a ciclagem de nutrientes e servir como meio tamponante para atenuar e degradar compostos prejudiciais ao ambiente (KARLEN et al., 1997). Assim, a melhoria da qualidade de solo promove aumentos consistentes e duradouros de rendimento dos cultivos. A qualidade de solo pode ser caracterizada por indicadores químicos, físicos e biológicos (DORAN et al, 1994), pelo teor de matéria orgânica do solo, que expressam as alterações em função de manejos do solo (LAL, 1997; CONCEIÇÃO, 2006), e pelos processos envolvidos no sistema solo-planta que expressam a qualidade do solo (DORAN, 1997).

A adoção de sistema de produção sustentável de arroz irrigado para manter ou mesmo aumentar a capacidade produtiva dos solos ao longo do tempo requer uma abordagem dentro de um sistema de produção agrícola com manejo conservacionista. Neste contexto, Anghinoni (2009) visualiza dois sistemas: 1. Arroz em rotação e/ou sucessão de culturas e 2. Arroz em sistemas integrados de produção agropecuária. Apesar da distinção estabelecida, estes dois sistemas são complementares e fundamentais na construção da fertilidade do solo, pois atuam em processos que determinam a qualidade do solo e permitem o surgimento de propriedades emergentes como a CTC, que influi na dinâmica de cátions do solo. A utilização do sistema

conservacionista de cultivo permite recuperar a fertilidade em solos degradados e de aumentar a baixa fertilidade natural e de a manter em solos naturalmente férteis. Constitui-se em uma das principais estratégias para se obter maior potencial produtivo dos solos, principalmente nos intemperizados, devido ao aumento dos teores de matéria orgânica e de nutrientes em função da adição de resíduos (BAYER et al., 2006).

Em estudo sobre a evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul evidenciou-se a predominância de solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica, com carências distintas nos indicadores de fertilidade nas diversas regiões produtoras (BOENI et al., 2010). Em função disso, os maiores rendimentos de grãos de arroz estão associados a solos originalmente com maior fertilidade, sendo que o maior consumo de fertilizantes nas regiões de solo com menor fertilidade não resulta em rendimentos equivalentes aos obtidos em solos de maior fertilidade (BOENI et al., 2010).

Desta forma, em terras altas, a manutenção do solo sob cultivo permanente com diferentes espécies de plantas de cobertura e sem revolvimento são práticas fundamentais para o sistema de produção com manejo conservacionista do solo (MIELNICZUK et al., 2003).

O uso permanente de cobertura vegetal em sistemas de sucessão permite que o sistema de produção agrícola receba continuamente entradas de energia, matéria, água e nutrientes. A radiação solar fornece energia e a fotossíntese é responsável pelo acúmulo de matéria na forma de compostos de carbono (TAIZ & ZEIGER, 2009). A água que entra via precipitação pluvial e ou irrigação, é melhor acumulada no solo com cobertura permanente e os nutrientes que entram no sistema via fertilização e ou fixação simbiótica, são mais eficientemente aproveitados e ciclados (AITA & GIACOMINE, 2003). Assim, o permanente cultivo em sistema de sucessão produz exsudatos, tecidos de parte aérea e raízes sendo que, ao final do ciclo, as raízes e a parte aérea das plantas aportadas ao solo são decompostas pelos microorganismos.

Por outro lado, as perdas do sistema podem ser por saídas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, água, matéria orgânica, nutrientes e minerais (MIELNICZUK et al., 2003). Visto dessa forma, o solo funciona como um sistema aberto que troca matéria e energia continuamente com o ambiente, sendo que a estabilidade do sistema ocorre quando as taxas de entradas e saídas se equivalem (ADDISCOT, 1992).

Assim, a adição de elevada quantidade de massa seca resulta no balanço positivo de carbono no solo. Com os fluxos de matéria e energia no sistema, o solo têm condições

de se auto-organizar em níveis de ordem crescentes, sendo que em níveis mais elevados, as estruturas são mais complexas e se manifestam as propriedades emergentes (VEZZANI, 2001; D'AGOSTINI, 2006; NICOLODI, 2007; BISSANI et al., 2008). Essas propriedades, segundo Odum, 1988 são definidas como “propriedades do todo, que não são redutíveis à soma dos efeitos dos elementos isolados, não estão presentes no nível inferior, não podem ser explicadas e nem reduzidas aos elementos que interagiram para gerá-la”.

Dessa forma, as propriedades emergentes melhoram a capacidade de infiltração e retenção de água, a retenção de íons e o estoque de nutrientes no solo. Elas também promovem a ciclagem de nutrientes e aumentam os estoques de carbono do solo, a diversidade microbiana do sistema, e a resistência e resiliência a perturbações (VEZZANI, 2001; MIELNICZUK, et al., 2003). Nesse nível elevado e complexo de organização, o solo é capaz de cumprir suas funções e produzir grandes quantidades de matéria vegetal, permitindo a retroalimentação do sistema (ADDISCOT, 1992).

Dentre as funções atribuídas ao solo está a capacidade em nutrir as plantas. Essa capacidade depende de processos que determinam a ciclagem e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. O uso de sistemas de sucessão de culturas permite a adição de nutrientes ao sistema, via fixação biológica e ciclagem de nutrientes. Em consequência, pode haver redução na quantidade a ser aplicada de nutrientes sob a forma de fertilização mineral e nos custos de produção da lavoura. Em áreas de várzea, o uso de cobertura de solo de verão, como mucuna, guandu e crotalária, mostrou grande potencial na ciclagem de nutrientes e na adição de N ao sistema solo-planta pela fixação simbiótica (GENRO JR et al., 2009). Porém, segundo Anghinoni (2009), há necessidade de desenvolvimento de pesquisas sobre o manejo de resíduos de espécies de cobertura de solo e da própria palhada do arroz, que passa a ser elevada quando se atinge altos rendimentos de grãos (até 12 t ha<sup>-1</sup>).

Neste sentido, a adição de palha e a ciclagem de nutrientes originadas pelo azevém como cultura antecessora ao arroz irrigado podem manter e/ou aumentar a fertilidade do solo, ao longo do tempo, pois são fontes de nutrientes. Também é importante avaliar os efeitos do aporte de diferentes tipos de resíduos culturais e seu manejo (WASSMAN et al., 1995). A forma como são manejados os diferentes resíduos culturais interfere na ciclagem de nutrientes, e se constitui em importante ponto de controle desse processo. Por outro lado, sob condições específicas, o manejo inadequado de elevada quantidade de resíduos de azevém reduzir a disponibilidade de nutrientes e o

rendimento de grãos de arroz irrigado cultivado em sistema mix de pré-germinado (PINTO et al., 2003). É importante ressaltar que os resultados obtidos por esses autores referem-se a condições específicas em que foram obtidos e não podem ser generalizados.

Outro aspecto a ser considerado na disponibilidade e, na demanda de nutrientes para o cultivo em sucessão ao azevém é a relação C/N de sua palha, que geralmente é alta, superior a 70:1. Isso se deve à intensidade dos processos de imobilização e mineralização da palha no período que antecede o cultivo de arroz irrigado (AITA & GIACOMINE, 2003). A maior oferta de carbono ao sistema demanda maior quantidade de nutrientes, principalmente de N, para estimular a atividade microbiana e promover a mineralização de nutrientes (SÁ, 1996).

Assim, com altas quantidades de resíduos vegetais a serem decompostos é possível que o N passe a atuar inicialmente mais como agente de mineralização e menos como fonte de N potencialmente mineralizável (VARGAS et al., 2005). Esta situação pode ser crítica principalmente se coincidir com estádios fisiológicos de alto requerimento pela planta, como nos estádios iniciais de desenvolvimento, no perfilhamento, na diferenciação do primórdio floral e no enchimento de grãos. A falta de sincronia entre a oferta e a demanda desse nutriente está associada à baixa velocidade de liberação de resíduos de espécies poáceas, como o azevém. Outros fatores que afetam a disponibilidade de N para o cultivo em sucessão são a forma de manejo da massa seca, as condições de temperatura do ar e/ou do solo e a frequência de períodos de secagem e umedecimento de resíduos. Neste sentido, a taxa de decomposição de resíduos é menor em ambiente alagado, o que pode reduzir a taxa de mineralização de N para o arroz irrigado em sucessão ao azevém (OLK et al., 2007). Embora haja evidências da ocorrência do processo de imobilização de N (AMADO et al, 2003; PINTO et al., 2003; CRUZ et al. 2007), as informações científicas específicas sobre o tema ainda são insuficientes para se definir conclusivamente sobre os possíveis efeitos prejudiciais da presença de resíduos de espécies poáceas antecedendo o arroz irrigado. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de estratégias de manejo para minimizar esses possíveis efeitos indesejáveis.

Por outro lado, o N é um dos nutrientes requerido em maior quantidade pela cultura do arroz irrigado. Ele está presente em aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, fito-hormônios e outros compostos fundamentais às plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Cerca de 75% do N da folha está associado aos cloroplastos, que são fisiologicamente responsáveis pela produção de matéria seca pela

fotossíntese (BUCHANAN et al., 2000). Dessa forma, há grande relação entre disponibilidade de N e potencial de rendimento de grãos de arroz em ambiente irrigado, podendo ser um dos principais fatores desafiante à obtenção de alto rendimento em sistemas de sucessão.

A absorção de N ocorre preferencialmente na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo que em solos alagados não ocorre a nitrificação, predominando a forma de amônio (BISSANI et al., 2008). Para haver absorção de N pelas raízes das plantas é necessário que haja a mineralização desse nutriente, passando para a solução do solo onde é suprido até as raízes principalmente pelos processos de fluxo de massa e interceptação radicular.

Outro nutriente importante para o desenvolvimento das plantas é o fósforo. Nas células vegetais é componente integral de compostos importantes como fosfato-açúcares e intermediários dos processos de respiração e fotossíntese (BUCHANAN et al., 2000). Também está presente em fosfolipídeos das membranas vegetais, responsáveis pela sua absorção seletiva, e é componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético (adenosina trifosfato-ATP) e do DNA e RNA (TAIZ & ZEIGER, 2009). Assim, os processos e os mecanismos que controlam a disponibilidade, o suprimento e a aquisição de P pelas plantas determinam, também, o potencial de rendimento de grãos a ser obtido.

Desta forma, o manejo conservacionista do solo também tem efeitos positivos sobre a dinâmica do P. Este nutriente é suprido às raízes das plantas principalmente via difusão, sendo absorvido nas formas iônicas  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ , e permanece na forma oxidada nas células (BISSANI et al., 2008). Dependendo do manejo adotado nos sistemas agrícolas, pode ocorrer a sua adsorção às partículas coloidais de argilas e matéria orgânica do solo. A presença constante de cobertura no solo aumenta a concentração de P na camada mais superficial do solo. Este fato, aliado à produção de ânions orgânicos oriundos da decomposição microbiana de resíduos vegetais, pode aumentar a competição pelos sítios de adsorção de P ao solo, liberando P para a solução. Assim, a presença constante de cobertura do solo é importante para reduzir o processo de adsorção desse nutriente e intensificar o suprimento de P até as raízes das plantas (RHEINHEIMER, 2000).

Outro nutriente importante na cultura do arroz irrigado é o K, que é demandado em quantidade igual ou superior ao nitrogênio (GENRO JUNIOR et al., 2007). O K é o cátion mais abundante no citoplasma celular e está presente em altas concentrações também nos cloroplastos. Esse nutriente exerce funções regulatórias no equilíbrio

elétrico-osmótico celular e de ativação de enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Também é fundamental para gerar pressão de turgor relacionada ao crescimento, à expansão celular e à regulação da difusão de CO<sub>2</sub> via abertura de estômatos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Tendo em vista a elevada demanda de K pelas plantas de arroz e a possibilidade de perdas desse nutriente, a adoção de sistema de sucessão pode favorecer a ciclagem desse nutriente. Cerca de 67% das amostras de solo de lavouras arrozeiras do Rio Grande do Sul apresenta algum grau de deficiência desse nutriente, apesar do aumento que tem se verificado na quantidade adicionada via fertilização mineral (BOENI et al., 2010). Possivelmente, essa diminuição nos teores de K nos solos seja principalmente por saídas do solo por percolação no perfil e/ou escoamento superficial. Outra causa dessa redução pode estar relacionada aos baixos teores de argila e de matéria orgânica desses solos, cultivados continuamente sem uso de plantas de cobertura no inverno (BOENI et al., 2010). Apesar da alta absorção de K pela planta, a quantidade removida pelos grãos é pequena (aproximadamente 20%), por ser um nutriente não constitutivo de tecidos estruturais e com grande mobilidade na planta. Esta característica faz com que o K retorne ao solo com a deposição da palha, de forma relativamente rápida. Assim, origina-se um gradiente decrescente de concentração de K no perfil do solo, a partir da superfície, sendo que seu controle é dependente da CTC do solo.

Nos sistemas de produção com cobertura de solo permanente, ou seja, sem pousio entre uma cultura e outra, o K é absorvido, permanecendo a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido das perdas por erosão e lixiviação (MIELNICZUK, 2005). Isso promove sua ciclagem e contribui para seu adequado balanço no solo. Além disso, o aumento da CTC do solo em sistema plantio direto devido aos maiores teores de matéria orgânica e pH do solo determina maior capacidade de retenção de K. Isso modifica sua distribuição nos sítios de troca e na solução do solo, o que também reduz as perdas por percolação e escoamento superficial. Assim, a intensidade de ciclagem de K depende da presença constante de plantas em desenvolvimento no sistema e do rendimento de massa seca das culturas (SANTI et al., 2003).

Neste contexto, o uso de sucessão de culturas é um fator importante para definição do potencial de rendimento de grãos e para obtenção de maior estabilidade do rendimento ao longo do tempo. Esses são objetivos almejados pelos agricultores, sendo um dos componentes da sustentabilidade dos cultivos. Esses benefícios podem ser alcançados pelo uso de sistemas de sucessão de culturas no sistema plantio direto que

atue na melhoria continuada da qualidade do solo. Desses processos de melhoria da qualidade do solo, resulta a melhoria da fertilidade do solo, capaz de aumentar os rendimentos de massa seca das plantas e de grãos.

De maneira geral, a produção de biomassa e o índice de colheita determinam o rendimento de grãos e são condicionados pela taxa e pela duração dos processos de fotossíntese e respiração. Em plantas de arroz, o índice de colheita é afetado pelo tamanho do dreno, ou seja, pelo número de espiguetas por metro quadrado, pela taxa de fotossíntese do dossel durante o subperíodo de enchimento de grãos e pela partição dos fotoassimilados (PIMENTEL, 1998). Os aumentos da taxa de crescimento e da duração do período vegetativo foram considerados como características importantes para obtenção de maior potencial produtivo de cultivares chinesas de arroz (YUAN & VIRMANI, 1988). Cultivares com elevado potencial de produtividade apresentam maior número de panículas por metro quadrado e índice de área foliar em relação às com menor potencial (KATSURA et al., 2007). O rendimento de grãos de arroz irrigado também está associado ao rendimento de massa seca da parte aérea das plantas, acumulado antes do florescimento, que determina o número e o tamanho de espiguetas. Já o peso do grão é função da translocação de fotoassimilados e da taxa e da duração da fotossíntese após o florescimento (DUY et al., 2004). Assim, por sua vez, as características genéticas, as condições ambientais e as práticas de manejo na lavoura definem o potencial de rendimento de grãos e de massa seca das lavouras.

Definido o potencial de rendimento de grãos da cultura, é preciso que haja a devida proteção ao rendimento. Assim, é fundamental o controle de plantas daninhas, pragas e doenças. O uso de sistemas de sucessão de culturas propicia o controle cultural de plantas daninhas, que competem com o arroz por recursos naturais e dificultam as operações de colheita e pós-colheita. O cultivo de arroz irrigado em sistema de sucessão de culturas permite o controle cultural das plantas daninhas de forma prática e econômica, por diminuir o banco de sementes de arroz vermelho e de outras espécies (SOSBAI, 2010; AGOSTINETTO et al., 2001). A utilização desse sistema pode também fazer com que áreas onde o cultivo de arroz foi inviabilizado por alta infestação de plantas daninhas, principalmente de arroz vermelho, retornem ao sistema de produção. Por outro lado, o cultivo continuado de arroz ao longo dos anos aumenta a infestação de arroz vermelho, já que as sementes dessa invasora têm capacidade de permanecer viáveis no solo por até 12 anos (SMITH JUNIOR, 1992). Assim, o adequado manejo da palha de arroz em pós-colheita e a presença de resíduos vegetais sobre o solo oriundos

da sucessão azevém-arroz podem suprimir a emergência de plantas de grande número de espécies de plantas daninhas (SOSBAI, 2010).

Da mesma forma, o uso planejado de sucessão de culturas com arroz irrigado pode aumentar a biodiversidade ativa do ambiente. Isso pode aumentar a população de inimigos naturais de pragas e suprimir fontes de inóculo de doenças que ocorrem nessa cultura. Por outro lado, o monocultivo de arroz realimenta os patógenos em intervalos regulares de tempo no período em que essa cultura volta a ser cultivada na mesma área (REIS & CASA, 1997).

Outro benefício do uso de sucessão de culturas é a possibilidade de integração lavoura-pecuária. Em áreas de várzea cultivadas com arroz irrigado em sistema de sucessão de culturas, com uso de plantas de cobertura de solo de duplo propósito é possível a integração ordenada de cultivos com lavoura de grãos e com produção pecuária (MORAES et al., 2002). Nesse sentido, o efeito benéfico da integração lavoura-pecuária em várias propriedades do solo ocorre à medida que aumenta o número de anos sucessivos com a sua implementação (PANIGATTI, 1992). A integração lavoura-pecuária é um sistema de produção em que a exploração animal está intimamente associada à produção de grãos, com alternância das produções de grãos e de forragem no mesmo ano agrícola (OLIVEIRA, 2002). O cultivo de espécies de coberturas de solo como o azevém permite a formação de pastagens hibernais e torna viável a terminação de bovinos durante a entressafra e surge como alternativa para melhorar os índices zootécnicos (CARVALHO et al., 2005).

Contudo, conciliar elevados rendimentos de grãos com altos rendimentos de forragem de qualidade e com incrementos nos índices zootécnicos exige adequação do manejo da fertilidade do solo e da desfolha das espécies forrageiras (ROCHA, 2007). Dentre os benefícios advindos do uso desses sistemas destacam-se o aproveitamento residual do adubo aplicado nas culturas de grãos pelas plantas de coberturas de solo e a rápida ciclagem de nutrientes. Também, proporciona maior rendimento de forragem de qualidade, com menor custo e em época mais crítica do ano, redução na incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, maior facilidade na semeadura direta, diversificação de renda dos agricultores e aumento da liquidez financeira da atividade agropecuária (CASSOL, 2003).

## **2.2 Limitações e estratégias para viabilizar o cultivo de arroz irrigado em sucessão de culturas**

As principais restrições ao uso de sucessão de culturas com arroz irrigado estão relacionadas à possibilidade em semear a cultura fora da época preferencial de cultivo no estado do Rio Grande do Sul, que é de meados de setembro a 10 de novembro (SOSBAI, 2010). Isso devido à dificuldade de executar adequadamente a operação de semeadura direta, podendo reduzir o estabelecimento e o desenvolvimento inicial das plantas de arroz em sucessão e imobilizar nutrientes. Dessa forma, a implantação de outros cultivos antecedendo o arroz irrigado em áreas de várzea ainda é muito limitada, apesar dos potenciais benefícios técnicos, sócio-econômicos e ambientais.

Esse fato reflete a escassez de informações sobre possíveis sistemas de produção agrícola nesses ambientes, que requerem maior preparo e planejamento para sua implantação. Neste contexto, o planejamento da sucessão de culturas é primordial, devendo-se considerar a escolha e as exigências das culturas, as características de clima e de solo e a adequação da área para uso de espécies cultivadas em terras altas.

Esse planejamento deve, prioritariamente, assegurar a semeadura do arroz irrigado na época preferencial. Em semeaduras realizadas no início do período recomendado, há maior dificuldade de estabelecimento da cultura, e geralmente, se obtém menor densidade de plantas, em função da ocorrência de baixa temperatura do solo. Por outro lado, semeaduras realizadas após o período recomendado limitam o rendimento de grãos. Isso ocorre devido à maior ocorrência de adversidades climáticas durante o desenvolvimento da planta, como menor disponibilidade de radiação solar no período compreendido entre 21 dias antes e após a floração e maior probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas do ar nos estádios de pré-floração (microsporogênese) e floração (FREITAS, 2007). Além disso, em semeaduras tardias há menor eficiência de uso da adubação nitrogenada aplicada (FREITAS, 2007). A semeadura do arroz fora da época recomendada, além de ser determinante ao rendimento dos grãos, também reduz a possibilidade de erros de estimativa, uma vez que os tetos de rendimento são definidos pelo fator mais limitante. Por outro lado, a escolha adequada da espécie e o manejo adequado de plantas de cobertura do solo podem reduzir os riscos de se semear arroz fora da época preferencial.

Das opções de espécies com características de serem empregadas como coberturas de solo e/ou propósito de pastejo por animais destacam-se as espécies da família das poáceas. Dessas espécies, o azevém é a mais utilizada em áreas de várzea,

devido à sua adaptação a solos com baixa disponibilidade de oxigênio (MENEZES et al., 2001). O elevado potencial de rendimento de massa seca e a alta absorção de nutrientes, especialmente potássio, são aspectos importantes no uso dessa espécie em sucessão de culturas. Isso intensifica a ciclagem do K, que é rapidamente liberado dos tecidos vegetais sobre a superfície do solo. Outro aspecto favorável à utilização de azevém é a facilidade de se adquirir sementes no mercado.

O rendimento de massa seca da parte aérea e a forma de manejo de resíduos da cobertura de inverno são determinantes para viabilizar o cultivo de arroz irrigado em sucessão. Em áreas de várzea, têm sido obtidos rendimentos de massa seca de azevém variáveis de 3,7 a 7,2 Mg ha<sup>-1</sup>, de acordo com a época de dessecação (SERPA et al., 2009). Os maiores rendimentos obtidos com o atraso da época de dessecação do azevém foram atribuídos ao aumento do período de acúmulo de fotoassimilados pelas plantas.

Contudo, o grau de contribuição da palha de azevém à ciclagem de nutrientes dependerá diretamente do período de antecedência da semeadura do arroz e da forma com que a palha será manejada. A dessecação do azevém, com rendimento de massa seca variável de 1,87 a 4,42 t ha<sup>-1</sup>, aos 34 dias antes da semeadura do arroz irrigado não afetou o estabelecimento e o desenvolvimento inicial das plantas de arroz irrigado cultivado em sucessão, independentemente da dose de N (10, 20 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N) aplicada na semeadura do arroz (VIEIRA, 2010).

Os resíduos de azevém podem ser incorporados ao solo ou mantidos sobre sua superfície. No sistema conservacionista em terras altas, a presença de resíduos sobre o solo geralmente aumenta o rendimento das culturas em sucessão por proteger o solo de perdas de nutrientes (DERPSCH et al., 1985). Outro aspecto importante relativo ao manejo de resíduos é a observância da sincronia entre a liberação de nutrientes e a demanda das culturas comerciais e a necessidade de suplementação ou não de nutrientes, principalmente de nitrogênio no período em que se verifica a fase de alta imobilização (MONEGAT, 2004).

Quando mantidos na superfície do solo, os resíduos podem ser manejados sob diferentes formas. Eles podem ser mantidos em pé até a semeadura da cultura em sucessão, com reduzido contato com o solo, ou podem ser rolados com auxílio de equipamentos, como o rolo-faca, ou triturados, com uso de roçadeira ou equipamento similar, formando uma camada de resíduos com contato mais próximo ao solo (SILVA et al., 2010). Outra possível forma de manejo da planta de azevém, antes de ser realizada a dessecação, seria o pastejo por animais em sistemas de integração lavoura-pecuária

(CASSOL, 2003; CARVALHO et al., 2005). Nesses sistemas, é importante determinar a quantidade de nutrientes ciclada via esterco e urina no binômio planta-animal, uma vez que apenas pequena porção de nutrientes é exportada da área pela carcaça do animal (CARVALHO et al., 2005). Assim, a dinâmica de nutrientes na sucessão azevém-arroz irrigado pode ser influenciada pelos diferentes métodos de manejo de resíduos de azevém. No entanto, há poucos estudos desenvolvidos nessa temática em áreas de várzea, fato que limita uma possível recomendação.

Outro possível fator limitante ao uso de coberturas de solo no inverno antecedendo o cultivo do arroz irrigado está relacionado ao possível efeito prejudicial no estabelecimento e no desenvolvimento inicial das plantas de arroz em sucessão. A maior velocidade de emergência de plântulas de arroz e seu alto vigor inicial favorecem o estabelecimento de plântulas, a densidade inicial de plantas e a competição com plantas daninhas (FLECK et al., 2003). Para isso, é fundamental o uso de sementes de qualidade e a ocorrência de adequadas temperatura do ar e do solo, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes no início do ciclo (POPPINIGS, 1977; FLECK et al., 2003).

Em sistemas de semeadura direta consolidado, a presença de plantas de cobertura de solo diminui a amplitude térmica e contribui para reter maior quantidade de água no solo, comparada ao sistema convencional de cultivo (SALTON, 1991; CONTE, 2007). Em áreas de várzea, a maior retenção de água no solo pode atrasar a época de semeadura do arroz, uma vez que pode impedir a realização da operação de semeadura. No entanto, a utilização de práticas como preparo antecipado, adequação da área de cultivo e manejo adequado da massa seca das plantas de cobertura pode minimizar esse efeito indesejável de excesso de umidade na semeadura. Por outro lado, em anos com baixa precipitação pluvial durante o período de semeadura do arroz, a presença da palha da cobertura do solo pode favorecer a emergência e o desenvolvimento inicial das plantas de arroz, devido à retenção de maior umidade no solo.

O inadequado manejo e/ou a obtenção de alto rendimento de resíduos de espécies de cobertura de solo no inverno também pode limitar o estabelecimento e o desenvolvimento de plantas de arroz cultivadas em sucessão. Uma possível causa seria o acúmulo de aleloquímicos (LI et al., 2008) e ácidos orgânicos no solo em quantidades excessivas, principalmente os ácidos acético, propiônico e butírico (BOHNEN et al., 2005). A partir de determinadas concentrações, esses ácidos podem prejudicar o estabelecimento de plantas da cultura subsequente (CAMARGO et al., 2001).

Ácidos orgânicos são normalmente produzidos durante o ciclo das plantas e exudados para o solo via raízes. Porém, durante a decomposição de resíduos vegetais sua produção se intensifica, principalmente sob condições de hipoxia. A possibilidade de haver fitotoxicidade por ácidos orgânicos é maior até 15 dias após a semeadura do arroz (JOHNSON et al., 2006). Os possíveis efeitos negativos causados pelos ácidos orgânicos ao sistema radicular do arroz, na fase inicial de crescimento, estão associados aos menores alongamento e emissão de pêlos radiculares (CAMARGO et al., 2001). Esses sintomas estão associados à inibição da respiração, com conseqüente redução da divisão celular (CAMARGO et al., 2001). Concentrações de  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  dos ácidos butírico e acético reduziram, respectivamente, em 78 e 55% o peso radicular de arroz (CAMARGO et al., 1993). Com concentração de  $2,5 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido acético, há diminuição na absorção e no acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg (SOUZA et al., 2002).

Os sintomas de toxidez por ácidos orgânicos diminuem com o aumento do pH do solo (FORTES et al., 2008). Maiores concentrações de ácidos orgânicos no solo foram observadas sob sistema de semeadura direta, comparado aos sistemas convencional e pré-germinado (BOHNEN et al., 2005). Nesse estudo, aos três dias após o alagamento já foram atingidos teores de ácido acético suficientes para reduzir o crescimento radicular, embora não tenha sido avaliado seus efeitos no rendimento de grãos de arroz. Maiores concentrações de ácidos orgânicos também foram observadas em solos muito impermeáveis, onde praticamente não há fluxo de água no perfil (STROBEL et al., 2001).

Contudo, as possíveis limitações do uso de espécies de cobertura de inverno antecedendo o cultivo do arroz irrigado podem ser minimizadas com a adoção conjunta de práticas de manejo indicadas para obtenção de alto rendimento de grãos de arroz. Dentre elas, destacam-se o preparo antecipado do solo, a adequação da área de cultivo, a época de dessecação e sistema de manejo da palha das plantas de cobertura e o manejo da fertilidade do solo. A adoção dessas práticas é importante para viabilizar a semeadura do arroz na época preferencial, para favorecer a mineralização de nutrientes da cobertura de inverno para o arroz em sucessão e para minimizar o acúmulo de compostos químicos com potencial fitotóxico ao arroz irrigado.

## HIPÓTESES

1) O cultivo de azevém em condições de elevado rendimento de massa seca sob adequado manejo da palha intensifica a ciclagem de nutrientes no solo, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, disponibilizando-os para o arroz cultivado em sucessão.

2) A presença de palha de azevém antecedendo o cultivo de arroz irrigado dificulta a semeadura, o estabelecimento e o desenvolvimento inicial de plantas de arroz irrigado em função do impedimento físico na operação de semeadura do arroz e por propiciar excessivo acúmulo de água no solo no momento da semeadura.

3) O arroz irrigado cultivado em sucessão ao azevém como planta de cobertura de inverno, manejado adequadamente, é uma estratégia eficiente para manter ou mesmo aumentar o rendimento de grãos de arroz, principalmente em áreas sob cultivo contínuo de arroz.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de execução

O experimento foi conduzido a campo durante dois anos agrícolas (2009/10 e 2010/11) na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA/IRGA), em Cachoeirinha-RS. A EEA/IRGA localiza-se na região ecoclimática da Depressão Central, do estado do Rio Grande do Sul, a 29°55'30" de latitude sul e a 50°58'21" de longitude oeste e à altitude de 7 m. O clima da região é do tipo subtropical úmido, conforme classificação de Köeppen, sendo considerado como de transição entre os tipos Cfa<sub>1</sub> (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa<sub>2</sub> (isoterma anual superior a 18°C). A precipitação pluvial média anual é de 1425 mm e a disponibilidade de radiação solar máxima é de 502 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no mês de dezembro. A temperatura mínima média do ar é de 9,8 °C no mês mais frio (julho) e a máxima é de 31,6 °C no mês mais quente (janeiro).

O solo é classificado como Gleissolo Háplico Distrófico típico (STRECK et al., 2008). Os atributos físico e químicos do solo da área no início e ao final do experimento foram avaliados por amostras coletadas de 0 a 20 cm de profundidade e apresentaram os valores descritos na Tabela 1.

Anteriormente à implantação do experimento, a área experimental encontrava-se em pousio por dois anos. No primeiro ano, em abril de 2009, a área foi sistematizada antes da implantação do azevém como cobertura do solo. Utilizou-se o sistema convencional, com grade aradora e niveladora. No segundo ano, a palha de arroz foi triturada com equipamento "triton" logo após a colheita dos grãos e a semeadura do azevém foi realizada sem nenhum preparo do solo.

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo e Água do IRGA, em Cachoeirinha, RS; o teor de N nos tecidos vegetais no Laboratório de Fisiologia do Departamento de Plantas de Lavoura, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); teores de P e K nos tecidos vegetais no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia da UFRGS;

teor de C nos tecidos vegetais no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

TABELA 1. Teor de argila e atributos químicos do solo da área experimental de amostras coletadas em três anos. Cachoeirinha, RS.

Argila (%)	pH H <sub>2</sub> O	P Mehlich 1 (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	CTC a pH 7,0	Saturação K (%)
-----Junho de 2009-----							
17	5,3	6,7	29	13	3,6	6,5	1,1
-----Agosto de 2010-----							
16	5,1	8,8	23	14	3,1	6,4	1,0
-----Março de 2011-----							
19	4,8	10,9	20	16	3,3	6,5	0,8

<sup>1</sup> Conforme Tedesco et al., 1995.

### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Nos dois anos agrícolas, os tratamentos constaram de três tipos de manejo da palha do azevém e uma testemunha em que solo era mantido em pousio durante o inverno, e do cultivo do arroz irrigado em sucessão submetido a três níveis de adubação.

Os três tratamentos correspondentes aos tipos de manejo da palha de azevém foram: azevém com cortes, simulando pastejo. Foram efetuados quatro cortes da parte aérea das plantas de azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura, com manutenção da palha cortada sobre o solo;

palha de azevém dessecada e mantida em pé até a semeadura do arroz; e

palha de azevém dessecada e rolada com auxílio do equipamento rolo-faca.

O pousio, no primeiro ano, foi caracterizado pela presença de plantas espontâneas que se desenvolveram após o preparo da área experimental até a dessecação que ocorreu no mesmo momento dos tratamentos com azevém. No segundo ano, o pousio foi mantido sem a presença de plantas espontâneas através de dessecações.

Os três níveis de adubação foram baseados na expectativa de resposta à adubação (SOSBAI, 2010):

sem adubação;

adubação para expectativa de resposta média; e

adubação para expectativa de resposta alta.

As doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foram: N – 0, 90 e 150;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0, 37 e 52; e  $\text{K}_2\text{O}$  – 0, 90 e 150, respectivamente. No segundo ano a dose de N aplicado em cobertura no estágio V<sub>9</sub> de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000) foi acrescida em 15 e 30  $\text{kg ha}^{-1}$  nos níveis de adubação no arroz para expectativa de resposta média e alta, respectivamente.

Nos dois anos de execução do experimento, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições. Os três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio foram locados na parcela principal e os níveis de adubação no arroz em sucessão na subparcela. As parcelas principais apresentavam 11 m de comprimento por 10,20 m de largura, totalizando 112,20  $\text{m}^2$ , e as subparcelas apresentavam 11 m de comprimento por 3,4 m de largura, totalizando 37,4  $\text{m}^2$ .

No segundo ano, os três tratamentos correspondentes aos tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio e os três níveis de adubação no arroz em sucessão foram locados, respectivamente, nas mesmas parcelas principais e subparcelas do ano anterior.

### **3.3 Manejo da cultura do azevém**

O cultivo de azevém foi conduzido nos dois anos agrícolas para obter rendimento massa seca de, aproximadamente, 3,0  $\text{Mg ha}^{-1}$ . No primeiro ano, o azevém foi semeado à lanço em solo preparado no sistema convencional no dia 12 de maio de 2009, na densidade de 25  $\text{kg ha}^{-1}$  de sementes, sem aplicação de adubação de base. A emergência ocorreu aos 14 dias após a semeadura. No segundo ano, o azevém foi semeado à lanço em sucessão ao arroz irrigado, sem nenhum preparo de solo, nas mesmas parcelas principais do ano anterior. A semeadura foi realizada no dia 14 de maio de 2010, na densidade de 25  $\text{kg ha}^{-1}$  de sementes, sem aplicação de adubação de base. A emergência ocorreu aos 13 dias após a semeadura. No pousio, dessecou-se a vegetação espontânea em 27 de maio de 2009 e em 28 de maio de 2010, com aplicação do herbicida glifosato, na dose de 540  $\text{g ha}^{-1}$ .

Nos dois anos do experimento, o azevém, nos três tipos de manejo, recebeu apenas a adubação nitrogenada em cobertura, na forma de uréia (46% de N) com inibidor de urease NBTPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica]. A dose total foi de 50  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, dividida em doses iguais em duas épocas de aplicação: no início do

perfilhamento, em plantas com três folhas expandidas, e a segunda, aos 30 dias após a primeira, em plantas com oito folhas expandidas.

As dessecações foram realizadas em 15 e 23 de setembro nos anos de 2009 e 2010, respectivamente, ou seja, aos 49 e 21 antes da semeadura da cultura do arroz irrigado nos dois anos, respectivamente. Nos dois anos, o azevém, nos três tipos de manejo da palha, e o pousio foram dessecados com herbicida glifosato ( $540 \text{ g ha}^{-1}$ ). Nos dois anos, anteriormente à dessecação, foram coletadas amostras para determinação do rendimento de massa seca, relação C:N e teor de nutrientes (N, P e K) da parte aérea do azevém e plantas espontâneas em todas as parcelas principais e, no segundo ano, as amostras foram coletadas também nos níveis de adubação no arroz locado nas sub-parcelas.

No tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, nos dois anos, os cortes da parte aérea da planta foram executados com roçadeira motorizada. No primeiro ano, os cortes da parte aérea do azevém ocorreram em 10 de julho, 11 e 26 de agosto e em 14 de setembro. No segundo ano, os cortes foram realizados em 06 de julho, 03 de agosto e em 09 e 23 de setembro. O estabelecimento desta altura de corte está fundamentado na obtenção de massa seca desejada de  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$  em experimentos pastejados e na melhoria no desempenho individual de novilhos de corte no ganho de peso (ROCHA, 2007; BAGGIO et al., 2009; PETEAN et al., 2009).

No sistema de manejo em que a palha de azevém foi mantida em pé após a dessecação, nos dois anos não foi realizado nenhum tipo de manejo da palha, ou seja, as plantas permaneceram em pé por ocasião da semeadura do arroz em sucessão. Já no tratamento em que a palha de azevém foi rolada, essa operação foi realizada em solo seco com auxílio de equipamento rolo-faca, de 2,4 m de largura, tracionado por trator agrícola de quatro rodas, aos 12 dias e aos 7 dias após a dessecação das plantas de azevém, respectivamente no primeiro e no segundo ano.

### **3.4 Manejo da cultura do arroz irrigado**

A semeadura do arroz foi realizada em 03 de novembro de 2009 e em 13 de outubro de 2010, respectivamente no primeiro e segundo ano. Portanto, no segundo ano a semeadura foi antecipada em 21 dias em relação ao primeiro. Nos dois anos, o arroz foi semeado sem preparo do solo, na densidade de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes e espaçamento entre linhas de 0,17 m. A cultivar utilizada foi a IRGA 424, de porte baixo,

ciclo médio e com alto potencial de rendimento de grãos. As sementes de arroz foram tratadas com o inseticida fipronil ( $0,4 \text{ g kg}^{-1}$  de sementes) para controle preventivo da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*) e com fungicidas conjugados à base de thiram e de carboxina ( $0,5 \text{ g kg}^{-1}$  de sementes) para controle preventivo de fungos de solo.

No segundo ano, os níveis de adubação foram aplicados nas mesmas subparcelas do ano anterior. A adubação de base nos dois anos foi de  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $37 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no nível de adubação para expectativa de resposta média e de  $17 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $52 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no nível de adubação para expectativa de resposta alta.

A emergência das plantas de arroz ocorreu em 15 de novembro de 2009 e em 24 de outubro de 2010, respectivamente no primeiro e segundo ano. A duração do subperíodo semeadura-emergência foi de 12 e 11 dias, respectivamente no primeiro e segundo ano. Nos dois anos, o controle de plantas daninhas no arroz foi realizado com a aplicação de uma mistura de herbicidas pré e pós-emergência (penoxsulan e cyhalofop-butyl, nas doses de  $52,8 \text{ g ha}^{-1}$  e  $720 \text{ g ha}^{-1}$ , respectivamente. Apenas no segundo ano, aos dois dias após a semeadura do arroz, foi realizada uma nova dessecação em toda área experimental com o herbicida glifosato, na dose de  $2400 \text{ g ha}^{-1}$ .

No primeiro ano, a adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas épocas, conforme recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2007). Utilizou-se como fonte de N a uréia (46% de N), com inibidor de urease NBTPT. Nos tratamentos em que o arroz recebeu o nível de adubação para expectativa de resposta média, aplicou-se a dose de  $52 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no estádio V<sub>3</sub> e mais  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no estádio V<sub>8</sub>. Nesse estádio foi aplicado, em cobertura, mais  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de cloreto de potássio (58% de  $\text{K}_2\text{O}$ ). Nos tratamentos em que o arroz recebeu o nível de adubação para expectativa de resposta alta, foi aplicado  $89 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no estádio V<sub>3</sub> e mais  $44 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no estádio V<sub>8</sub>. Neste estádio, aplicou-se concomitantemente mais  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de cloreto de potássio. O objetivo dessa aplicação suplementar de  $\text{K}_2\text{O}$  em cobertura realizada nesses dois níveis de adubação foi se obter maior desenvolvimento das plantas de arroz.

No segundo ano, a adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em três épocas, com objetivo de aumentar a eficiência de uso do N, uma vez que a variedade utilizada apresenta ciclo médio (SOSBAI, 2010). A fonte de N utilizada foi a mesma do primeiro ano. Nos tratamentos em que o arroz recebeu o nível de adubação para expectativa de resposta média foram aplicados  $52 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no estádio V<sub>3</sub>,  $26 \text{ kg ha}^{-1}$

de N no estágio V<sub>8</sub> e 15 kg ha<sup>-1</sup> de N no estágio V<sub>9</sub>. No estágio V<sub>9</sub> foi aplicado também em cobertura 15 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. Nos tratamentos com adubação para expectativa de resposta alta no arroz foram aplicados 89 kg ha<sup>-1</sup> de N no estágio V<sub>3</sub>, 44 kg ha<sup>-1</sup> de N no estágio V<sub>8</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no estágio V<sub>9</sub>. Nesse último estágio V<sub>9</sub> aplicou-se mais 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio.

Nos dois anos, iniciou-se a irrigação por inundação quando as plantas de arroz estavam no estágio V<sub>3</sub>, após a aplicação da primeira adubação nitrogenada em cobertura no seco, mantendo-se constante uma lâmina de água de 5 a 10 cm de altura. A supressão da água nas unidades experimentais ocorreu quando as plantas atingiram o estágio R<sub>7</sub>, quando ao menos um grão da panícula do colmo principal apresentou casca amarela.

Nos dois anos, no estágio R<sub>2</sub> (emborrachamento), fez-se aplicação da mistura dos fungicidas cresoxim-metílico + epoxiconazol, nas doses de 125 g ha<sup>-1</sup> + 125 g ha<sup>-1</sup> para controle preventivo das doenças brusone (*Pyricularia grisea*) e mancha foliar (*Bipolaris oryzae*). Aplicou-se o inseticida tiametoxam, na dose de 25 g ha<sup>-1</sup> para controle dos insetos percevejo do grão (*Oebalus poecilus*) e lagarta da panícula (*Pseudaletia* spp).

### 3.5 Parâmetros avaliados

Dentre as determinações efetuadas, algumas foram realizadas nos dois anos, enquanto outras realizadas apenas no segundo ano, que foram: decomposição da palha de azevém, teor de água no solo, índice de velocidade de emergência, estatura de plantas de arroz irrigado no estágio V<sub>3</sub>, teor e quantidade de N, P e K acumulados na parte aérea de plantas de arroz nos estádios V<sub>3</sub> e V<sub>8</sub> e rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz no estágio V<sub>8</sub>. Somente o teor de proteína nos grãos foi avaliado apenas no primeiro ano.

#### 3.5.1 Elementos meteorológicos

Os dados diários de temperatura máxima e mínima e precipitação pluvial durante os dois anos de condução do experimento foram obtidos no Posto Agrometeorológico da EEA/IRGA, em Cachoeirinha-RS. Já os dados relativos à radiação solar foram obtidos junto ao 8º DISME/INMET, em Porto Alegre-RS.

### **3.5.2 Cultura do azevém**

#### **3.5.2.1 Teor de água retida no solo**

O teor de água retida no solo, em função do cultivo de azevém como cobertura de solo no inverno foi determinado apenas no segundo ano de realização do experimento pela coleta de seis subamostras em cada parcela principal, na profundidade de 0 a 10 cm, apenas nos tratamentos em que a cultura do arroz recebeu no ano anterior adubação para expectativa de resposta alta. As coletas iniciaram imediatamente antes da dessecação da área experimental no dia 23 de setembro de 2010, ou seja, 21 dias antes da semeadura do arroz, com intervalos semanais de coletas até as plantas de arroz atingirem o estágio V<sub>3</sub>. As coletas foram retiradas com trado de 1,5 cm de diâmetro. As amostras foram acondicionadas em recipientes metálicos, vedadas com tampa e mantidas em caixa térmica até a sua chegada no laboratório de análise. A seguir, elas foram pesadas e secas em estufa a 105 °C até atingir peso constante. O teor de água nas amostras foi determinado pela diferença dos pesos úmido e seco, expresso em gramas de água por kg de solo.

#### **3.5.2.2 Rendimento de massa seca da parte aérea**

No primeiro ano, em cada parcela principal foram coletadas três sub-amostras da parte aérea das plantas de azevém (0,5 m<sup>2</sup> por sub-amostra), as quais foram secas em estufa a 60 °C até atingir peso constante. O rendimento médio de massa seca da parte aérea da amostra foi extrapolado para um hectare. Nas parcelas principais correspondentes ao pousio, como havia a presença de plantas espontâneas das espécies erva de bicho (*Polygonum hydropiperoides*), cruz de malta (*Ludwigia spp.*), angiquinho (*Aeschynomene spp.*), cuminho (*Fimbristyllis reniformis*), junquinho (*Cyperus difformis*), tiririca (*C. rotundus*), capim pé de galinha (*Eleusine indica*) e azevém, realizou-se a coleta da parte aérea das plantas um dia antes da dessecação. Nos tratamentos em que foram realizados cortes periódicos da parte aérea das plantas de azevém, simulando o pastejo a coleta ocorreu sempre no mesmo local, demarcado por haste metálica. Nesses tratamentos, a coleta final ocorreu um dia antes da dessecação, ou seja, em 15 de setembro de 2009. Nos tratamentos em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada, a coleta da parte aérea das plantas foi realizada no estágio de pleno florescimento das plantas, também em 15 de setembro de 2009.

No segundo ano, foi coletada uma amostra da parte aérea das plantas em cada subparcela (0,5 m<sup>2</sup>), a qual foi seca em estufa a 60 °C até atingir peso constante. O rendimento de massa seca da parte aérea da amostra foi extrapolado para um hectare. No pousio, como foi mantida sem vegetação no inverno, não se realizou coleta de plantas. o tratamento com cortes da parte aérea das plantas de azevém, simulando o pastejo, a coleta foi realizada em local aleatório na subparcela, para não repetir o mesmo ponto de coleta do corte anterior, diferentemente do que foi feito no primeiro ano. A coleta final ocorreu imediatamente antes da dessecação das plantas, no dia 23 de setembro de 2010. Nos tratamentos em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada, a coleta da parte aérea das plantas foi realizada no estágio de pleno florescimento das plantas, no dia da dessecação, ou seja, em 23 de setembro de 2010.

### **3.5.2.3 Teor de C e dos macronutrientes N, P e K na massa seca da parte aérea das plantas**

Nos dois anos, utilizou-se amostras de tecido vegetal correspondentes a coleta de toda parte aérea das plantas realizadas por ocasião da coleta para determinação do rendimento de massa seca da parte aérea. No pousio, essas determinações foram feitas apenas no primeiro ano, visto que, no segundo ano as parcelas em pousio foram mantidas sem cobertura vegetal. No tratamento com cortes periódicos do azevém, simulando o pastejo o teor de C e N, P e K foram determinados na parte aérea das plantas em cada coleta. Já para os tratamentos onde o azevém foi mantido em pé ou rolado essas determinações ocorreram em amostras coletas no momento da dessecação das plantas. O teor de C foi determinado pelo método de combustão seca (NELSON & SOMMERS, 1996), em analisador Shimadzu TOC-V SH, e os teores de N, P e K conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

### **3.5.2.4 Quantidade de N, P e K acumulada por hectare na massa seca da parte aérea das plantas**

Foi obtida pela multiplicação dos teores desses nutrientes no tecido vegetal pelo rendimento de massa seca da parte aérea do azevém.

### **3.5.2.5 Decomposição da palha de azevém pelo uso de sacos de decomposição (*litter bags*)**

Esse parâmetro foi avaliado apenas no segundo ano. A decomposição da palha de azevém foi avaliada pelo teor remanescente de N, P e K nos resíduos. Coletou-se a palha de azevém somente nos tratamentos em que a cultura do arroz irrigado do ano anterior recebeu adubação para expectativa de resposta alta. Para isso, conforme metodologia descrita por De Bona (2005), utilizaram-se sacos de decomposição com dimensões internas de 0,20 x 0,20 m, de nylon, malha de 2 mm, preenchidos com palha de azevém seca ao ar (7,5% de umidade) e picada em pedaços de, aproximadamente, 10 cm de comprimento. A quantidade de palha de cada saco foi proporcional ao rendimento de massa seca obtido no azevém nos três tipos de manejo da palha. Os sacos foram instalados na área experimental no dia 30 de setembro, ou seja, aos 13 dias antes da semeadura do arroz e mantidos até sete dias após a entrada da água de irrigação (estádio V<sub>3-4</sub> do arroz). Nesse período, as amostras dos sacos foram recolhidas em intervalos semanais, com remoção dos resíduos, congeladas e mantidas sob congelamento até à análise. A análise dos teores de N, P e K nos resíduos foi realizada conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

### **3.5.3 Cultura do arroz irrigado**

#### **3.5.3.1 Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas**

Esse parâmetro, avaliado apenas no segundo ano, foi obtido pela contagem de plântulas emergidas em cada subparcela durante o período da emergência até o início da irrigação do arroz (estádio V<sub>3</sub>). em dois metros de linha (0,34 m<sup>2</sup>). Os locais amostrados foram delimitados por duas hastes de metal, para posterior contagem no período seguinte. As avaliações foram realizadas a cada dois dias. A emergência foi caracterizada pela exposição do coleóptilo com comprimento superior a 1,5 cm (estádio S<sub>2</sub>). O cálculo do índice do IVE foi efetuado pela equação de Popinigis (1977):  $IVE = N_1/D_1 + N_2/D_2 + \dots + N_n/D_n$ ; onde N<sub>1</sub>=número de plântulas emergidas na primeira contagem; N<sub>2</sub>= número de plântulas emergidas na segunda contagem e N<sub>n</sub>= número acumulado de plantas emergidas; D<sub>1</sub>= número de dias do primeiro período de contagem; D<sub>2</sub>=número de dias do segundo período de contagem; D<sub>n</sub>=número de dias contados após a semeadura.

### **3.5.3.2 Densidade inicial de plantas**

Nos dois anos, a densidade inicial de plantas foi obtida pela contagem do número de plantas de arroz em dois metros de linha (0,34 m<sup>2</sup>) no estágio V<sub>3</sub>, antes do perfilhamento e da entrada da água de irrigação. Os locais amostrados foram delimitados por duas hastes de metal, para posterior contagem dos números de colmos e panículas.

### **3.5.3.3 Rendimento de massa seca da parte aérea**

No primeiro ano, foram coletadas amostras de plantas nos estádios V<sub>3</sub> e R<sub>4</sub> em cada subparcela em uma área de 0,5 m<sup>2</sup>. No segundo ano, também fez-se uma terceira amostragem no estágio V<sub>8</sub>, com a mesma área amostral do ano anterior. As amostras foram secas em estufa a 60 °C até atingir peso constante e os rendimentos de massa seca obtidos foram extrapolados para um hectare.

### **3.5.3.4 Estatura de planta**

Esse parâmetro, avaliado apenas no segundo ano, foi determinado em cada subparcela pela mensuração, com régua metálica graduada, da estatura de planta no estágio V<sub>3</sub>, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice da planta, com o limbo foliar distendido. A amostra foi composta por todas as plantas presentes em três linhas de 0,3 m de comprimento, correspondendo a área de 0,15 m<sup>2</sup>.

### **3.5.3.5 Teor de N, P e K na massa seca da parte aérea das plantas**

A parte aérea das plantas amostradas para determinação do rendimento de massa seca em seus respectivos estádios de desenvolvimento foram moídas e os teores de N, P e K determinados pela metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

### **3.5.3.6 Quantidade de N, P e K acumulado na massa seca da parte aérea das plantas**

As quantidades de N, P e K foram obtidas pela multiplicação dos teores de N, P e K no tecido vegetal pelo rendimento de massa seca da parte aérea.

### **3.5.3.7 Número de perfilhos por planta**

O número de perfilhos por planta foi obtido, em cada subparcela, pela razão entre o número de colmos existentes no estágio  $V_8$  na área demarcada ( $0,34 \text{ m}^2$ ) pela densidade inicial de plantas, subtraindo-se o algarismo um referente ao colmo principal de cada planta.

### **3.5.3.8 Componentes do rendimento**

O número de panículas por metro quadrado foi obtido pela contagem, em cada subparcela, do número de panículas presentes na amostra na área demarcada ( $0,34 \text{ m}^2$ ), extrapolando-se para um metro quadrado.

O número de grãos por panícula foi calculado pela razão entre o número total de grãos formados, extrapolado a partir do peso de 200 grãos, e o número de panículas coletadas na amostra de  $0,05 \text{ m}^2$  contendo, no mínimo, 30 panículas.

O peso do grão foi obtido pela pesagem de uma amostra de 200 grãos formados por subparcela, contados manualmente, com correção da umidade para  $130 \text{ g kg}^{-1}$ , com divisão do peso final por 200.

### **3.5.3.9 Esterilidade de espiguetas**

Foi obtida pela contagem do número de espiguetas estéreis, separadas da amostra por soprador de grãos, sendo expressa em percentagem em relação ao número total de espiguetas (com grãos formados e chochos) por panícula em cada subparcela.

### **3.5.3.10 Índice de colheita aparente**

Obtido pela razão entre a massa seca de grãos pela massa seca total da parte aérea das plantas (folhas, colmos e grãos) de duas amostras de  $0,34 \text{ m}^2$  por subparcela. As amostras foram coletadas um dia antes da colheita dos grãos de arroz.

#### **3.5.3.11 Rendimento de grãos**

O rendimento de grãos foi obtido pela extrapolação da produção obtida na área útil de cada subparcela para um hectare, corrigindo-se a umidade para  $130 \text{ g kg}^{-1}$ . Nos dois anos do experimento, a área útil colhida por subparcela foi de  $13,09 \text{ m}^2$ .

#### **3.5.3.12 Rendimento do grão**

Foi determinado nos dois anos do experimento pelo processamento em um engenho de provas por um minuto de uma amostra de  $100 \text{ g}$  de grãos de arroz em casca por subparcela, livre de impurezas e seco até atingir umidade dos grãos de  $130 \text{ g kg}^{-1}$ . Após, fez-se a pesagem dos grãos polidos, sendo os valores obtidos considerados como renda do benefício, expresso em porcentagem. Posteriormente, os grãos polidos foram separados no “trieur” nº 2 durante 30 segundos. Os grãos inteiros que permanecerem no “trieur” foram pesados, sendo o valor obtido considerado rendimento do grão, expresso em porcentagem. Determinou-se também a porcentagem de grãos quebrados.

#### **3.5.3.13 Teor de proteína nos grãos polidos**

Esse parâmetro foi determinado apenas no primeiro ano. Fez-se a moagem de uma amostra de  $20 \text{ g}$  de grãos polidos para avaliação do teor de N nos grãos, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Obteve-se o teor de proteína nos grãos multiplicando-se o teor de N nos grãos pelo fator 6,25 (CRUSCIOL et al., 2003), expresso em porcentagem.

#### **3.5.4 Teor de argila e atributos químicos do solo**

Os atributos do solo foram determinados ao final do segundo ano do experimento (2010/11). Foram coletadas com trado três sub-amostras de solo em cada subparcela, na profundidade de 0 a 20 cm. Após, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solo e Água do IRGA, em Cachoeirinha, RS onde foram determinados os atributos: teor de argila do solo, pH em  $\text{H}_2\text{O}$ , CTC efetiva, teor de matéria orgânica, P e de K disponíveis (TEDESCO et al., 1995).

### **3.6 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo F-teste ( $p < 0,05$ ). Quando significativas as diferenças, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa de processamento de dados SAS. Para teores de N, P e K remanescentes da decomposição da palha de azevém ao longo do período amostral, realizou-se análise de regressão. Fêz-se a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) apenas para os parâmetros número de panículas por metro quadrado e rendimento de grãos por hectare. Não se realizou a análise conjunta dos dados relativos aos dois anos de realização do experimento devido a algumas diferenças na sua condução, relacionadas à época de semeadura e à adubação de cobertura aplicada no arroz irrigado.

## **4 RESULTADOS**

Para melhor entendimento, a apresentação dos resultados será feita para cada uma das estações de crescimento e será dividida em cinco partes: inicialmente, serão descritos os dados meteorológicos relativos às estações de crescimento 2009/10 e 2010/11; em seguida os dados dos parâmetros relacionados à cultura do azevém como cultura antecessora ao arroz irrigado e à ciclagem de nutrientes; a seguir, os relativos aos parâmetros relacionados ao estabelecimento e desenvolvimento da planta de arroz e, os relativos aos parâmetros rendimento de grãos, componentes do rendimento e qualidade de grãos de arroz, e por fim, os dados referentes ao teor de argila e atributos químicos do solo ao final do experimento. O Apêndice contém o resumo da análise de variância dos dados relativos aos parâmetros avaliados.

### **4.1 Dados meteorológicos referentes aos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11**

#### **4.1.1 Radiação solar global**

A normal climática da radiação solar apresenta crescimento partindo de 655 KJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, no primeiro decênio de setembro, até atingir o máximo de 1083 KJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, no primeiro decênio de janeiro (Figura 1). No primeiro ano, durante a maior parte do ciclo do arroz, a radiação solar global foi inferior à normal climática, com exceção apenas no primeiro decênio de fevereiro, em que a radiação foi semelhante à normal climática, correspondendo ao estágio R<sub>4</sub> de desenvolvimento. Do final do terceiro decênio de dezembro até o terceiro decênio de janeiro, que compreendeu o período de V<sub>8</sub> a R<sub>4</sub> do desenvolvimento do arroz, a radiação solar global foi, em média, 16% menor em relação à normal climática, atingindo o máximo de 990 KJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> no primeiro decênio de fevereiro.

No segundo ano (2010/11), houve três períodos em que a radiação solar global foi maior que a normal climática. O primeiro ocorreu do primeiro ao segundo decênio de novembro, abrangendo desde o estágio V<sub>1</sub> a V<sub>3</sub> das plantas de arroz, o segundo no

primeiro decêndio de dezembro no estágio de V<sub>5-6</sub>, e o terceiro do terceiro decêndio de dezembro ao primeiro decêndio de janeiro, com as plantas no estágio V<sub>8-9</sub>. No segundo ano a radiação solar global foi, em média, 37% maior em relação ao primeiro ano, desde o primeiro decêndio de novembro até o terceiro decêndio de janeiro, abrangendo desde o estágio S<sub>1</sub>, no primeiro ano, e S<sub>3</sub>, no segundo ano até o início do estágio R<sub>4</sub> em ambos os anos.

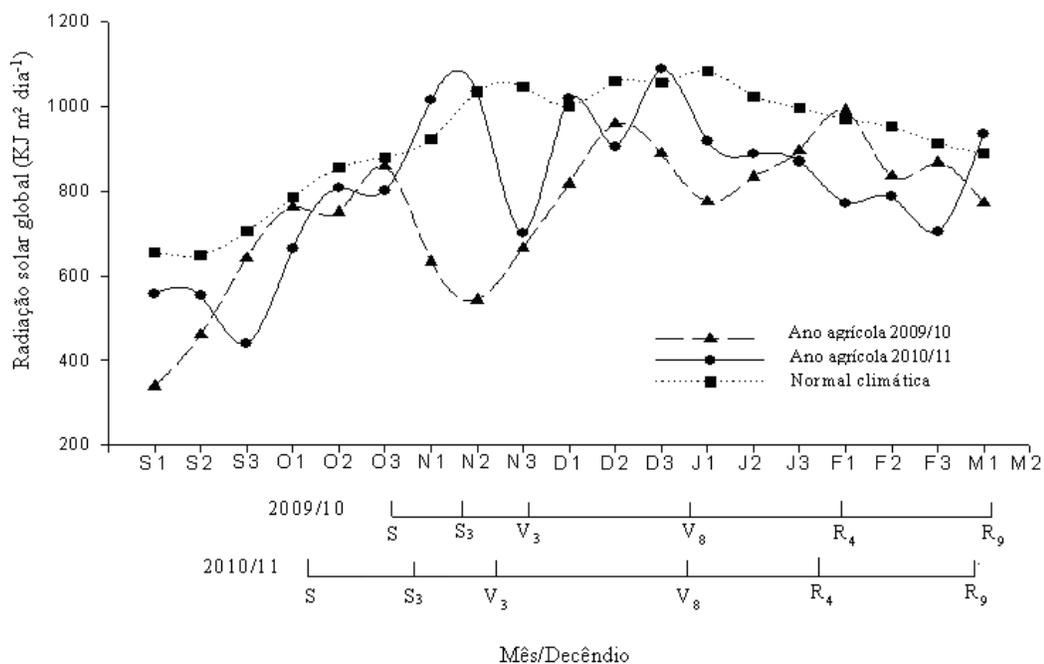


FIGURA 1. Radiação solar global por decêndio nos meses de setembro a março referente aos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11 e à média do período de 1975 a 2002. Cachoeirinha, RS.

Fonte: Cargnelutti et al. (2004).

Legenda: S=Semeadura; S<sub>3</sub>=Emergência do perfil do coleóptilo; V<sub>3</sub>=Colar formado na terceira folha do colmo principal; V<sub>8</sub>= Colar formado na oitava folha do colmo principal; R<sub>4</sub>=Antese; R<sub>9</sub>=Maturidade completa dos grãos na panícula, conforme escala proposta por Counce et al. (2000).

#### 4.1.2 Temperatura média do ar

A normal climática apresenta um aumento da temperatura partindo de, em torno, de 18°C no primeiro decêndio de setembro até atingir o máximo de 24,4 °C no terceiro decêndio de janeiro (Figura 2).

No primeiro ano, a temperatura foi 1,5 °C maior que a normal climática no período compreendido entre o terceiro decêndio de outubro e o primeiro decêndio de

novembro, abrangendo desde a semeadura (S) até a emergência ( $S_3$ ) das plantas de arroz (Figura 2).

No segundo ano, a temperatura foi 2,8 °C menor em relação à normal climática no período entre o final do primeiro decênio de outubro e o terceiro decênio de outubro, abrangendo desde a semeadura (S) do arroz até a emergência ( $S_3$ ) das plantas de arroz (Figura 2).

Nos dois anos, a temperatura foi superior à normal climática durante a antese das plantas de arroz (estádio  $R_4$ ), sendo cerca de 2,1 e 0,5 °C no primeiro e segundo ano, respectivamente (Figura 2).

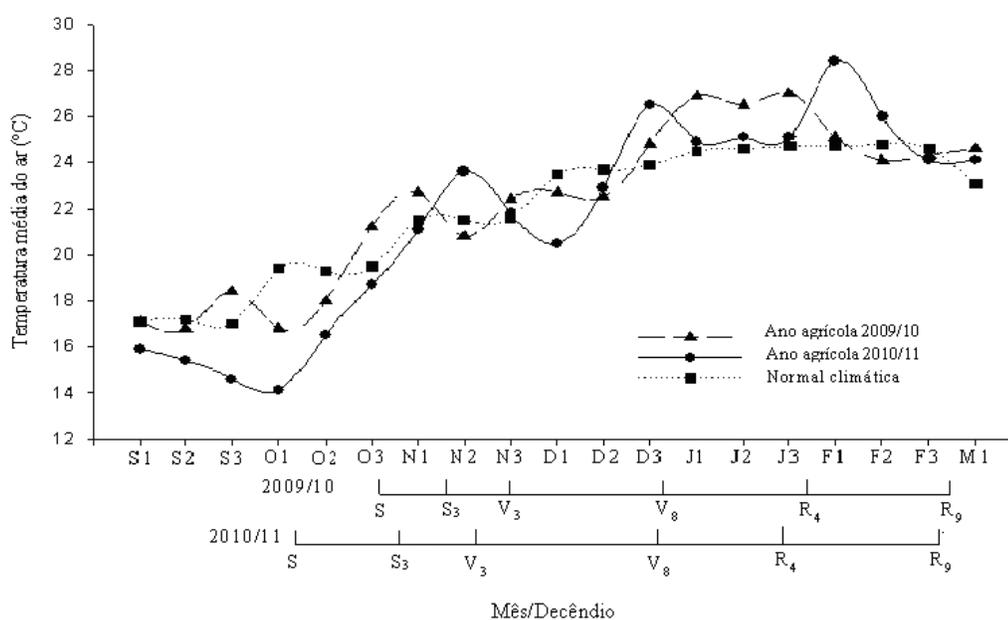


FIGURA 2. Temperatura média do ar por decênio nos meses de setembro a março referente às estações de crescimento 2009/10 e 2010/11 e à média do período de 1960 a 1999. Cachoeirinha, RS.

Fonte: INMET (2011).

Legenda: S=Semeadura;  $S_3$ =Emergência do perfil do coleótilo;  $V_3$ =Colar formado na terceira folha do colmo principal;  $V_8$ = Colar formado na oitava folha do colmo principal;  $R_4$ =Antese;  $R_9$ =Maturidade completa dos grãos na panícula, conforme escala proposta por Counce et al. (2000).

#### 4.1.3 Precipitação pluvial durante o período anterior à semeadura ao estabelecimento inicial do arroz irrigado

No primeiro ano, a precipitação pluvial foi superior à normal climática durante o período que antecedeu a semeadura do arroz até os estádios iniciais de desenvolvimento

das plantas de arroz (Figura 3). Em decorrência, a semeadura do arroz foi realizada no final do período preferencial, em 2 de novembro de 2009.

No segundo ano, o volume de precipitação pluvial que ocorreu antes da semeadura do arroz foi inferior à normal climática (Figura 3). Isso possibilitou a realização da semeadura do arroz em 13 de outubro de 2010, portanto, dentro da época preferencial. Durante o período da semeadura ao estabelecimento inicial das plantas, a precipitação pluvial ocorrida também foi menor em relação à normal climática.

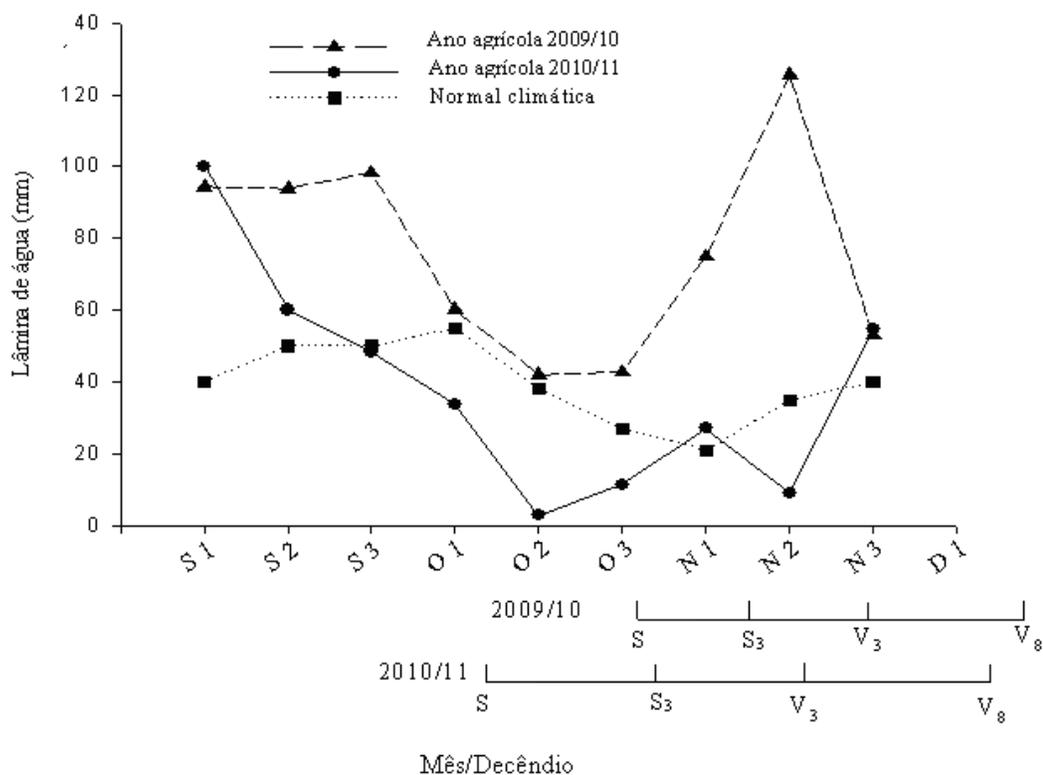


FIGURA 3. Precipitação pluvial ocorrida no período que antecedeu o cultivo de arroz irrigado e durante o desenvolvimento inicial das plantas de arroz referentes aos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 e à média climática período de 1960 a 1999. Cachoeirinha, RS.

Fonte: INMET (2011).

Legenda: S=Semeadura; S<sub>3</sub>=Emergência do perfil do coleótilo; V<sub>3</sub>=Colar formado na terceira folha do colmo principal; V<sub>8</sub>= Colar formado na oitava folha do colmo principal, conforme escala de Counce et al. (2000).

## 4.2 Parâmetros relacionados à cultura do azevém

### 4.2.1 Rendimento de massa seca e relação C:N de resíduos

No primeiro ano, o rendimento de massa seca da parte aérea do azevém não variou em função de tipos de manejo da palha (Tabela 2). Em relação ao pousio, os rendimentos de massa seca foram, respectivamente, 343%, 433% e 428% superiores nos tratamentos em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo, com a palha mantida em pé e com a palha rolada. A relação C:N dos resíduos também não variou entre os quatro tipos de manejo da cobertura de inverno, tendo-se obtido a relação média de 23:1.

Considerando apenas o rendimento de massa seca da parte aérea de azevém obtido no último corte do tratamento em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo, no primeiro ano, o rendimento de massa seca variou em função de tipos de manejo da palha (Tabela 2). Em relação ao pousio, o rendimento de massa seca foi 193% superior no tratamento em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo. Na comparação de tipos de manejo do azevém, no momento da dessecação das plantas, em relação ao tratamento em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo, o rendimento de massa seca foi 81% superior nos tratamentos onde a palha mantida em pé e com a palha rolada.

TABELA 2. Rendimento de massa seca da parte aérea e relação C:N de resíduos de azevém e de plantas presentes no pousio. Cachoeirinha, RS, 2009.

Parâmetros	Pousio <sup>1</sup>	Tipos de manejo do azevém <sup>1</sup>			
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>		Palha mantida em pé	Palha rolada
		Acumulado nos cortes	Último corte		
Rendimento de massa seca (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	0,78 c*	3,46 a	2,29 b	4,16 a	4,16 a
Relação C: N <sup>2</sup> dos resíduos <sup>4</sup>	29:1 ns	18:1	20:1	25:1	20:1

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliado no momento da dessecação em plantas de azevém em pleno florescimento e em plantas espontâneas, em amostras de tecido vegetal correspondentes à parte aérea das plantas. <sup>2</sup>Azevém simulando o pastejo cortando-se metade da altura da parte aérea, quando as plantas atingiam 20 cm de altura, sendo o rendimento acumulado de quatro cortes e último corte. CV=Coeficiente de variação (%) <sup>3</sup>CV=18,4% e <sup>4</sup>CV=21,1%.

No segundo ano, foram avaliados apenas os tipos de manejo do azevém, já que a área em pousio foi mantida sem cobertura vegetal no inverno, por dessecações. Independentemente do nível de adubação realizada no cultivo do arroz no ano anterior, o rendimento de massa seca do azevém também não variou em função de tipos de manejo

da palha (Tabela 3). A relação C:N da palha do azevém também não variou em função de tipos de manejo da palha (Tabela 3). O valor médio da relação C:N foi de 24:1, oscilando entre 23 e 26:1.

Considerando apenas o rendimento de massa seca da parte aérea de azevém obtido no último corte do tratamento em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo, no segundo ano, independentemente do nível de adubação realizada no cultivo do arroz no ano anterior, o rendimento de massa seca do azevém não variou em função de tipos de manejo da palha (Tabela 3).

TABELA 3. Rendimento de massa seca da parte aérea e relação C:N de resíduos de azevém em função de tipos de manejo da palha de azevém em sucessão ao arroz irrigado, cultivado no ano anterior (2009/10) sob três níveis de adubação. Cachoeirinha, RS, 2010.

Níveis de adubação no arroz cultivado no ano 2009/10 <sup>1</sup>	Tipos de manejo do azevém <sup>3</sup>			Médias	
	Com cortes, simulando o pastejo <sup>2</sup>		Palha mantida em pé		
	Acumulado nos cortes	Último corte			
----Rendimento de massa seca de azevém (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup> ----					
Sem adubação	3,94	2,14	2,24	2,93	NS 3,04
Para expectativa de resposta média	3,47	1,90	2,07	3,44	2,99
Para expectativa de resposta alta	3,54	1,93	2,31	2,33	2,73
Médias	3,65 ns	1,99	2,20	2,90	
-----Relação C:N de resíduos de azevém <sup>5</sup> -----					
Sem adubação	25:1	26:1	26:1	21:1	NS 24:1
Para expectativa de resposta média	25:1	26:1	22:1	23:1	23:1
Para expectativa de resposta alta	25:1	26:1	26:1	24:1	25:1
Médias	25:1 ns	26:1	25:1	23:1	

NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Níveis de adubação aplicado no arroz irrigado na estação de crescimento 2009/10. <sup>2</sup> Manejo do azevém simulando o pastejo, em que se cortou metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de estatura, sendo o rendimento acumulado de quatro cortes e último corte. <sup>3</sup>Avaliados no momento da dessecação do azevém no estágio de pleno florescimento. CV=Coefficiente de variação (%) <sup>4</sup>CV=25,9% e <sup>5</sup>CV=8,2%.

#### **4.2.2 Teor e quantidade acumulada de nitrogênio, fósforo e potássio nos resíduos das plantas**

No primeiro ano, o teor de N nos resíduos das plantas não diferiu em função de tipos de manejo da palha de azevém e do solo em pousio (Tabela 4). No entanto, os teores de P e K variaram em função de tipos de cobertura de solo no inverno. O teor de P nos resíduos das plantas no tratamento pousio foi inferior em relação ao tratamento com cortes do azevém simulando o pastejo. Os menores teores de P foram verificados nos tipos de manejo em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada. Já o teor de K foi similar no tratamento pousio e no tratamento com cortes do azevém simulando pastejo, sendo ambos superiores aos tipos de manejo do azevém em que a palha foi mantida em pé ou rolada. Ao se comparar os três tipos de manejo da palha de azevém, verificou-se que no sistema em que foram efetuados cortes, simulando o pastejo, os teores de P e K foram superiores aos verificados nos tipos em que a palha foi mantida em pé ou rolada.

As quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas de azevém foram superiores às obtidas nas plantas espontâneas presentes no pousio (Tabela 4). Na média dos três tipos de manejo do azevém, a quantidade de N acumulada aumentou em 73,3 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao pousio. Na comparação entre tipos de manejo da palha de azevém, foram observadas maiores quantidades acumuladas de P e K no tratamento em que o azevém foi cortado, simulando pastejo, em relação aos tipos em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada. Para quantidade acumulada de P houve aumento de 117% e 99%, respectivamente, nos tratamentos em que a palha de azevém foi mantida de pé ou rolada, em relação ao tratamento em que o azevém foi cortado, simulando pastejo. Já para quantidade acumulada de K por hectare, os aumentos foram de 133% e 73% nos tipos em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada, respectivamente, em relação ao tratamento em que o azevém foi cortado, simulando pastejo.

TABELA 4. Teores e quantidades acumuladas de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas de azevém, em função de três tipos de manejo da palha do azevém e do solo em pousio. Cachoeirinha, RS, 2009.

Nutrientes	Tipos de manejo do azevém			
	Pousio	Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada
	-----Teor <sup>1</sup> na parte aérea (%)-----			
Nitrogênio <sup>3</sup>	1,54 ns	2,29	1,81	2,45
Fósforo <sup>4</sup>	0,32 b*	0,46 a	0,18 c	0,19 c
Potássio <sup>5</sup>	2,37 a*	2,53 a	0,92 b	1,19 b
	-----Quantidade acumulada na parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----			
Nitrogênio <sup>6</sup>	12,2 b*	79,8 a	77,8 a	99,0 a
Fósforo <sup>7</sup>	2,6 c*	16,1 a	7,4 b	8,1 b
Potássio <sup>8</sup>	18,4 c	86,6 a	37,1 bc	50,16 b

NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliado no momento da dessecação em plantas de azevém em pleno florescimento e espontâneas em amostras de tecido vegetal correspondentes à parte aérea das plantas. <sup>2</sup>Média de quatro cortes no tratamento com cortes do azevém simulando pastejo, cortando-se a metade da altura da parte aérea, quando as plantas atingiam 20 cm de altura. CV=Coefficiente de variação (%) <sup>3</sup>CV=18,2% <sup>4</sup>CV=14,2% <sup>5</sup>CV=18,4% <sup>6</sup>CV=24,1% <sup>7</sup>CV=19,8% <sup>8</sup>CV=27,2%.

No segundo ano, os teores de N, P e K na palha de azevém não foram influenciados pelo nível de adubação aplicada na cultura do arroz no ano anterior (Tabela 5). Já os tipos de manejo da palha de azevém influenciaram os teores de P e K, mas não o teor de N. Os teores de P e K foram superiores no tratamento em que houve cortes no azevém, simulando o pastejo, em relação aos tipos em que a palha permaneceu em pé ou foi rolada. Para P, esses aumentos foram de 94% em relação aos tipos de manejo em que a palha foi mantida em pé ou foi rolada. Para K, os aumentos foram de 64% e 57% em relação, respectivamente, aos tipos em que a palha foi mantida em pé ou rolada.

TABELA 5. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das plantas de azevém em função de tipos de manejo da palha e de nível de adubação no do arroz cultivado no ano anterior. Cachoeirinha, RS, 2010.

Níveis de adubação residual no arroz em sucessão	Tipos de manejo do azevém			Médias
	Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
	-----Teor de N (%) <sup>1</sup> -----			
Sem adubação	1,60	1,21	1,38	NS 1,40
Para expectativa de resposta média	1,78	1,88	0,94	1,53
Para expectativa de resposta alta	1,37	1,52	1,67	1,52
Médias	1,58 ns	1,54	1,33	
CV (%)	18,3			
	-----Teor de P (%) <sup>1</sup> -----			
Sem adubação	0,35	0,15	0,18	NS 0,24
Para expectativa de resposta média	0,35	0,24	0,14	0,24
Para expectativa de resposta alta	0,34	0,16	0,21	0,25
Médias	0,35 a*	0,18 b	0,18 b	
CV (%)	12,3			
	-----Teor de K (%) <sup>1</sup> -----			
Sem adubação	2,36	1,30	1,63	NS 1,82
Para expectativa de resposta média	2,53	1,66	1,36	1,85
Para expectativa de resposta alta	2,53	1,50	1,73	1,97
Médias	2,48 a*	1,51 b	1,58 b	
CV (%)	9,8			

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliado no momento da dessecação em plantas de azevém em pleno florescimento e espontâneas em amostras de tecido vegetal correspondentes à parte aérea das plantas. <sup>2</sup>Média de quatro cortes no tratamento com cortes do azevém simulando pastejo, cortando-se a metade da altura da parte aérea, quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

No segundo ano, para as quantidades acumuladas de N, P e K na palha de azevém foi significativo apenas o efeito simples de tipos de manejo da palha (Tabela 6). No tratamento em que se fez cortes do azevém, simulando o pastejo, houve maiores acúmulos de N, P e K em relação aos tipos de manejo em que a palha de azevém permaneceu em pé ou foi rolada. Os incrementos obtidos foram de, respectivamente, de

29,9 e 25,7 kg ha<sup>-1</sup> para quantidade acumulada de N, de 9,9 e 8,7 kg ha<sup>-1</sup> para quantidade acumulada de P e 58,2 e 46,0 kg ha<sup>-1</sup> para quantidade acumulada de K.

TABELA 6. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de azevém em função de tipos de manejo da palha e de nível de adubação no arroz cultivado no ano anterior. Cachoeirinha, RS, 2010.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Tipos de manejo da cobertura com azevém			Médias
	Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Quantidade acumulada de N (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----				
Sem adubação	76,0	29,6	36,8	NS 47,5
Para expectativa de resposta média	60,4	31,0	32,4	41,3
Para expectativa de resposta alta	49,1	35,2	39,1	41,1
Médias	61,8 a*	31,9 b	36,1 b	
CV (%)	21,3			
-----Quantidade acumulada de P (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----				
Sem adubação	16,0	3,1	4,1	NS 7,4
Para expectativa de resposta média	12,4	4,0	4,9	7,1
Para expectativa de resposta alta	11,9	3,5	5,0	6,8
Médias	13,4 a*	3,5 b	4,7 b	
CV (%)	29,7			
-----Quantidade acumulada de K (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----				
Sem adubação	105,7	25,9	41,5	NS 57,7
Para expectativa de resposta média	71,6	34,2	46,5	50,8
Para expectativa de resposta alta	89,2	31,6	40,4	53,7
Médias	88,8 a*	30,6 b	42,8 b	
CV (%)	19,3			

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05). \* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). <sup>1</sup>Avaliado no momento da dessecação em plantas de azevém em plena floração e determinada em amostras de tecido vegetal correspondentes a parte aérea das plantas. <sup>2</sup>Média de quatro cortes no tratamento com cortes do azevém simulando pastejo, cortando-se a metade da altura da parte aérea, quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.2.3 Taxa de decomposição de resíduos de azevém

Esse parâmetro foi avaliado apenas no segundo ano do experimento. A dinâmica da decomposição de resíduos de azevém foi expressa pelos teores de N, P e K remanescentes nos sacos de decomposição em função de tipos de manejo da palha de

azevém e do tempo transcorrido após sua colocação no campo. Para teor remanescente de N de resíduos culturais de azevém não houve efeito de tipos de manejo da palha de azevém (Figura 4a). O teor de N remanescente decresceu de forma exponencial ao longo do tempo de mensuração. Aproximadamente 50% do teor de N original de resíduos de azevém foi liberado até os 56 dias após a disposição dos sacos decomposição no solo, independentemente do sistema de manejo da palha.

Já para teor de P remanescente nos resíduos de azevém houve efeito simples de tipos de manejo da palha de azevém. O tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo, apresentou maior teor de P remanescente em relação aos outros dois tipos de manejo da palha de azevém (Figura 4b). À semelhança do que ocorreu com o N, o teor de P remanescente nos resíduos de azevém dos sacos de decomposição decresceu de forma exponencial com o aumento do tempo de disposição no solo. Aos 56 dias após deposição no solo dos sacos com resíduos de azevém, apenas 38% do teor original de P foi liberado dos resíduos de azevém, independentemente do sistema de manejo da palha.

O teor de K remanescente nos resíduos de azevém não variou em função de tipos de manejo da palha. O teor de K também decresceu de forma exponencial à medida que aumentou o tempo transcorrido de disposição dos resíduos no solo (Figura 4c). Cerca de 90% do teor remanescente de K na palha de azevém foi liberado até os 56 dias de exposição no solo, independentemente do sistema de manejo da palha de azevém.

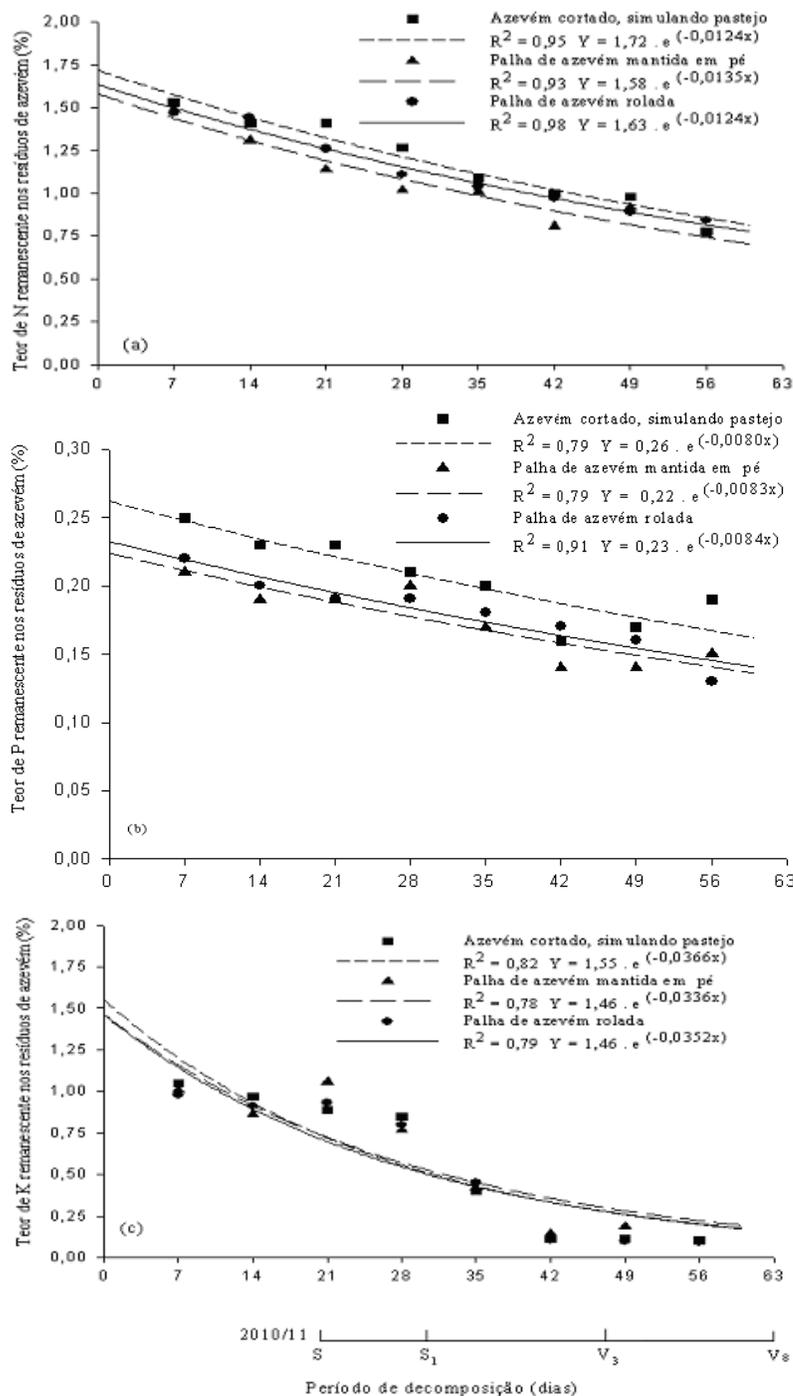


FIGURA 4. Teores remanescentes de N (a), P (b) e K (c) na palha de azevém<sup>1</sup> em sucessão ao primeiro ano de cultivo de arroz em função de tipos de manejo da palha e do tempo transcorrido após a colocação dos sacos no solo. Cachoeirinha, RS, 2010.

Legenda: S=Semeadura; S<sub>3</sub>=Emergência do perfil do coleóptilo; V<sub>3</sub>=Colar formado na terceira folha do colmo principal; V<sub>8</sub>= Colar formado na oitava folha do colmo principal, conforme escala proposta por Counce et al. (2000).

<sup>1</sup> Avaliado na palha de azevém no estágio de plena floração e, no tratamento com cortes de azevém, simulando o pastejo, em plantas com 20 cm de altura.

#### 4.2.4 Teor de água no solo no período entre a dessecação das plantas de azevém e o estágio V<sub>3</sub> das plantas de arroz

Para esse parâmetro, que foi avaliado apenas no segundo ano, houve efeito simples de tipos de manejo da palha de azevém e pousio e do tempo transcorrido após a dessecação das plantas. No pousio, o teor de água no solo foi menor em relação aos três tipos de manejo da palha de azevém, que não diferiram entre si (Figura 5).

Em todos os tipos de cobertura de solo no inverno, o teor de água no solo reduziu-se à medida que aumentou o período de tempo após a dessecação das plantas (Figura 5). Na avaliação realizada aos sete dias após a dessecação, foram maiores os valores numéricos do teor de água no solo nos três tipos de manejo da palha de azevém em relação à avaliação realizada no dia da dessecação. Já no pousio, o teor de água no solo não variou durante esse período.

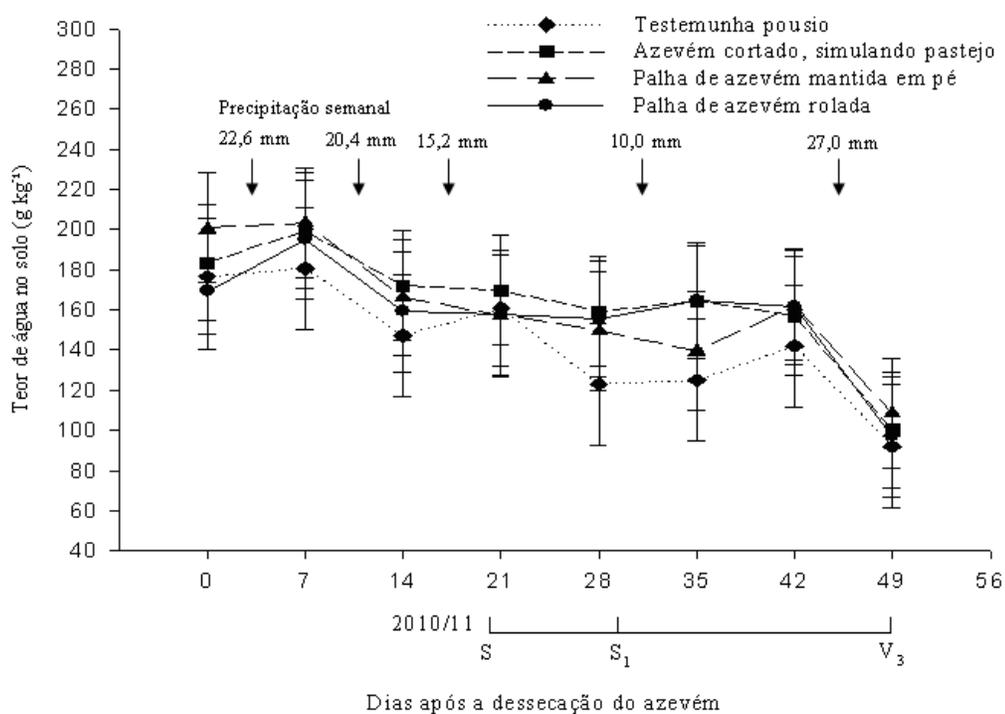


FIGURA 5. Teor de água no solo em três tipos de manejo da palha de azevém e no pousio em função do tempo após dessecação de plantas de azevém e espontâneas no pousio até o estágio V<sub>3</sub> das plantas de arroz. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

### 4.3 Parâmetros relacionados ao desenvolvimento da cultura do arroz irrigado

#### 4.3.1 Índice de velocidade de emergência de plântulas

Este parâmetro foi avaliado apenas no segundo ano do experimento, sendo significativos os efeitos simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz. O índice de velocidade de emergência de plântulas de arroz cultivado em sucessão ao pousio foi superior em relação aos tratamentos em que havia azevém como cobertura antecessora, embora não diferisse estatisticamente do tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo (Tabela 7). Na comparação entre tipos de manejo da palha do azevém, observou-se maior índice de velocidade de emergência de plântulas de arroz cultivado em sucessão ao tratamento em que o azevém recebeu cortes, simulando o pastejo, embora não tenha diferido estatisticamente do tratamento em que a palha foi rolada.

O índice de velocidade de emergência de plântulas de arroz foi influenciado pelo nível de adubação no arroz (Tabela 7). Ele foi 37% menor quando se utilizou adubação para expectativa de resposta alta em relação aos tratamentos sem adubação e com adubação para expectativa de resposta média.

TABELA 7. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas<sup>1</sup> de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Tipos de manejo do azevém				Médias
	Pousio	Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----IVE de plântulas <sup>1</sup> de arroz-----					
Sem adubação	21	19	10	16	A* 16
Para expectativa de resposta média	21	17	11	14	A 16
Para expectativa de resposta alta	12	12	7	9	B 10
Médias	18 a*	16 ab	9 c	13 b	
CV (%)	28,4				

CV=Coefficiente de variação (%). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação de plântulas de arroz com exposição do coleóptilo superior a 1,5 cm, correspondente ao estágio ( $S_3$ ) de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000), realizada no período da emergência até o início da irrigação do arroz (estádio  $V_3$ ). <sup>2</sup>Foram efetuados quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

### 4.3.2 Densidade inicial de plantas

No primeiro ano de realização do experimento não houve efeito dos fatores tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação da cultura do arroz em sucessão para a variável densidade inicial de plantas (Tabela 8). A densidade inicial média obtida foi alta, sendo de 319 plantas por metro quadrado.

No segundo ano, foi significativo apenas o efeito simples de tipos de cobertura de solo no inverno. A densidade inicial média de plantas foi inferior à verificada na estação de crescimento anterior, sendo de 200 plantas por metro quadrado. Nos tratamentos em que havia azevém como cobertura antecessora, a densidade inicial de plantas foi inferior à verificada no tratamento em que a área foi mantida em pousio no inverno (Tabela 8). Na comparação entre tipos de manejo da palha de azevém, verificou-se menor densidade de arroz no tratamento em que a palha foi mantida em pé em relação aos tratamentos com cortes periódicos das plantas, simulando pastejo (39%), e com palha rolada (34%).

TABELA 8. Densidade inicial de plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Tipos de manejo do azevém				Médias
	Pousio	Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
Sem adubação	381	300	347	306	NS 334
Para expectativa de resposta média	276	269	319	338	300
Para expectativa de resposta alta	339	284	346	324	323
Médias	332 ns	284	337	323	
CV (%)	16,9				
-----Ano agrícola 2010/11 (plantas m <sup>2</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	269	190	144	229	NS 212
Para expectativa de resposta média	272	232	115	225	209
Para expectativa de resposta alta	227	213	138	142	176
Médias	260 a*	211 b	131 c	199 b	
CV (%)	18,4				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05) <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de três folhas expandidas (V<sub>3</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Foram efetuados quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

### 4.3.3 Rendimento de massa seca de parte aérea de plantas de arroz no estágio V<sub>3</sub>

No primeiro ano, essa característica não foi influenciada pelos tipos de cobertura de solo no inverno e pelos níveis de adubação no arroz irrigado em sucessão (Tabela 9). O rendimento médio de massa seca da parte aérea do arroz em V<sub>3</sub> foi 56,9 kg ha<sup>-1</sup>.

No segundo ano, foi significativa a interação de tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação no arroz irrigado em sucessão (Tabela 9). O rendimento de massa seca de plantas de arroz no tratamento em pousio invernal foi similar ao obtido no tratamento com azevém cortado, simulando pastejo, no mesmo nível de adubação aplicado no arroz em sucessão. Entre tipos de manejo de azevém, no mesmo nível de adubação aplicado no arroz, o maior rendimento foi verificado no tratamento com cortes periódicos da parte aérea do azevém, embora não tenha diferido do tratamento em que a palha foi mantida em pé, no nível de adubação para expectativa de resposta alta.

TABELA 9. Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10 (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	53,7	50,6	56,7	61,4	NS 55,6
Para expectativa de resposta média	54,4	61,8	50,0	61,9	57,0
Para expectativa de resposta alta	67,9	48,8	57,9	58,0	58,2
Médias	58,6 ns	53,7	54,9	60,4	
CV (%)			23,4		
-----Ano agrícola 2010/11 (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	B* 60,5 a	B 55,2 a	B 39,3 b	B 37,5 b	
Para expectativa de resposta média	A 92,9 a	A 94,9 a	B 34,3 c	A 63,2 b	
Para expectativa de resposta alta	B 56,5 ab	B 63,6 a	A 59,4 ab	B 37,1 b	
CV (%)			22,4		

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plântulas no estágio de três folhas expandidas (V<sub>3</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Foram efetuados quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.4 Estatura de planta de arroz irrigado no estágio V<sub>3</sub>

Esse parâmetro também foi avaliado apenas no segundo ano. Foram significativos os efeitos simples dos fatores tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 10). A estatura de planta de arroz cultivado em sucessão ao pousio foi inferior à verificada quando o arroz foi cultivado em sucessão ao azevém, independentemente do sistema de manejo, embora estatisticamente não tenha diferido do tratamento em que a palha foi rolada. Na comparação entre tipos de manejo da palha de azevém, a maior estatura de planta foi verificada no tratamento em que houve cortes periódicos da parte aérea do azevém, embora estatisticamente não tenha diferido do tratamento em que a palha foi mantida de pé. A estatura de planta de arroz aumentou à medida que aumentou o nível de adubação do arroz (Tabela 10).

TABELA 10. Estatura de planta de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
		------(cm) <sup>1</sup> -----			
Sem adubação	12,4	14,9	12,8	12,9	A* 13,3
Para expectativa de resposta média	14,5	15,6	15,9	15,0	B 15,3
Para expectativa de resposta alta	13,9	17,4	17,6	15,0	C 16,0
Médias	13,6 c*	16,0 a	15,4 ab	14,3 bc	
CV (%)			8,9		

CV=Coefficiente de variação (%). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de três folhas expandidas (V<sub>3</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Foram efetuados quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.5 Teores e quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea das plantas de arroz no estágio V<sub>3</sub>

Esses parâmetros foram analisados apenas no segundo ano do experimento. O teor de N no estágio V<sub>3</sub> não variou em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação da cultura do arroz em sucessão (Tabela 11). O teor médio de N no tecido das plantas de arroz neste estágio foi de 3,4%.

Para teor e quantidade acumulada de P na parte aérea da planta de arroz houve interação de tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 11). Quando se cultivou arroz sem adubação, o teor de P na parte aérea da planta de arroz cultivado em sucessão ao pousio foi inferior ao verificado quando cultivado em sucessão aos três tipos de manejo do azevém, apesar de não diferir do tratamento em que a palha do azevém foi mantida em pé. Por outro lado, o maior teor de P foi obtido no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, embora não tenha diferido do tratamento em que a palha foi rolada.

No nível de adubação do arroz para expectativa de resposta média, o teor de P não variou em função de tipos de manejo da palha de azevém e do pousio (Tabela 11). Já no nível de adubação para expectativa de resposta alta, o maior teor de P foi obtido no tratamento em que a palha foi mantida em pé, embora não diferisse do pousio. Exceto no tratamento em que o azevém foi cortado periodicamente, simulando o pastejo, nos outros dois tipos de manejo da palha de azevém e no pousio, o teor de P na planta de arroz no estágio  $V_3$  aumentou à medida que aumentou o nível de adubação no arroz.

Para teor de K, houve interação de tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 11). Quando o arroz foi cultivado sem adubação, o teor de K na parte aérea da planta de arroz cultivado em sucessão ao pousio foi inferior ao verificado quando cultivado em sucessão aos três tipos de manejo da palha de azevém. Por outro lado, nos níveis de adubação para expectativa de resposta média e alta, o teor de K na planta de arroz não variou em função de tipos de manejo da palha de azevém. Com exceção dos tratamentos com cortes do azevém, simulando o pastejo, e em que a palha foi mantida em pé, o teor de K na planta de arroz aumentou com o incremento do nível de adubação.

TABELA 11. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio de três folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação do arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Teor <sup>1</sup> de N (%)-----					
Sem adubação	3,28	3,96	3,47	3,57	NS 3,57
Para expectativa de resposta média	4,19	3,54	3,34	3,09	3,54
Para expectativa de resposta alta	2,98	4,06	3,68	3,45	3,54
Médias	3,48 ns	3,85	3,50	3,37	
CV (%)	26,3				
-----Teor <sup>1</sup> de P (%)-----					
Sem adubação	B* 0,28 c	NS 0,42 a	C 0,34 bc	B 0,40 ab	
Para expectativa de resposta média	A 0,46 ns	0,43	B 0,48	A 0,48	
Para expectativa de resposta alta	A 0,51 ab	0,49 b	A 0,58 a	AB 0,45 b	
CV (%)	9,9				
-----Teor <sup>1</sup> de K (%)-----					
Sem adubação	B*1,50 b	NS 2,4 a	NS 2,33 a	B 2,20 a	
Para expectativa de resposta média	A 2,47 ns	2,40	2,55	A 2,57	
Para expectativa de resposta alta	A 2,23 ns	2,43	2,50	AB 2,30	
CV (%)	7,2				

CV=Coeficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de três folhas expandidas (V<sub>3</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

Já para as quantidades de N, P e K acumuladas na parte aérea da planta de arroz houve interação de tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 12). No arroz cultivado sem adubação em sucessão ao pousio, a quantidade acumulada de N foi similar à obtida em sucessão ao azevém, independentemente de seu sistema de manejo. Já com aplicação de adubação no arroz para expectativa de resposta média, a maior quantidade acumulada de N foi obtida no

tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, embora não tenha diferido do pousio. Com aplicação de adubação para expectativa de resposta alta, o cultivo de arroz em sucessão ao pousio acumulou menor quantidade de N em relação ao tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo, embora não tenha diferenciado do tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada

Ao se comparar os tipos de manejo da palha de azevém, obteve-se maior quantidade acumulada de N no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo em relação aos tratamentos em que a palha do azevém foi mantida em pé ou rolada (Tabela 12). Na comparação entre tipos de manejo da palha de azevém, o maior acúmulo de N foi verificado quando o azevém foi cortado, simulando o pastejo, apesar de não diferir do tratamento em que a palha foi mantida em pé.

Nos tratamentos sem adubação, a quantidade acumulada de P na parte aérea da planta de arroz cultivado após o pousio foi similar aos obtidos em sucessão ao azevém, independentemente do sistema de manejo da palha (Tabela 12). Com o nível de adubação no arroz para expectativa de resposta média, a maior quantidade acumulada de P foi obtida no pousio, apesar de não diferir dos tratamentos com cortes do azevém, simulando o pastejo, ou com palha de azevém rolada. Já com o nível de adubação no arroz para expectativa de resposta alta, a maior quantidade acumulada de P foi obtida no tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé, embora não tenha se diferenciado do tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, e do pousio.

A quantidade acumulada de P na planta de arroz em  $V_3$  aumentou no pousio e nos três tipos de manejo do azevém com uso da adubação no arroz até o nível de expectativa de resposta média (Tabela 12). Apenas no tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé, a quantidade acumulada de P aumentou até à aplicação do nível de adubação no arroz para expectativa de resposta alta.

Nos tratamentos sem adubação, a quantidade acumulada de P na parte aérea da planta de arroz cultivado após o pousio foi similar à obtida em sucessão ao azevém, independentemente do tipo de manejo do azevém (Tabela 12). Já com adubação para expectativa de resposta média, a maior quantidade acumulada de K foi obtida no pousio, embora não tenha diferenciado do tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo. Na comparação entre tipos de manejo da palha de azevém, obteve-se maior quantidade acumulada de K no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, em relação ao tratamento em que a palha foi mantida em pé, embora não tenha diferido do tratamento em que a palha foi rolada. Já com o nível de adubação do arroz para

expectativa de resposta alta, a maior quantidade acumulada de K foi obtida no tratamento em que o azevém foi cortado, simulando pastejo, embora não diferisse do pousio e do tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé.

Com exceção do tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé, nos outros dois tipos de manejo da palha de azevém e no pousio a quantidade acumulada de K na planta de arroz no estágio V<sub>3</sub> foi maior com a aplicação da adubação no arroz para expectativa de resposta média em relação ao cultivo de arroz sem adubação ou adubado para expectativa de resposta alta (Tabela 12).

TABELA 12. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado com três folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém		
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada
		-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de N (kg ha <sup>-1</sup> )-----		
Sem adubação	AB* 1,90 ns	B 1,01	B 1,07	NS 1,38
Para expectativa de resposta média	A 2,79 ab	A 3,36 a	AB 1,73 c	2,06 bc
Para expectativa de resposta alta	B 1,33 bc	A 2,72 a	A 2,45 ab	1,29 c
CV (%)		36,7		
		-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de P (kg ha <sup>-1</sup> )-----		
Sem adubação	B* 0,17 ns	B 0,17	B 0,17	B 0,15
Para expectativa de resposta média	A 0,43 a	A 0,37 a	B 0,18 b	A 0,31 a
Para expectativa de resposta alta	AB 0,28 ab	A 0,32 a	A 0,35 a	B 0,18 b
CV (%)		25,5		
		-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de K (kg ha <sup>-1</sup> )-----		
Sem adubação	B* 0,94 ns	B 0,98	NS 1,27	B 0,87
Para expectativa de resposta média	A 2,30 a	A 2,04 ab	0,99 c	A 1,64 b
Para expectativa de resposta alta	B 1,23 ab	A 1,59 a	1,48 a	B 0,84 b
CV (%)		20,5		

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de três folhas expandidas (V<sub>3</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.6 Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio V<sub>8</sub>

Este parâmetro também foi avaliado só no segundo ano. Houve apenas efeito simples de níveis de adubação do arroz (Tabela 13). O rendimento de massa seca da parte aérea no estágio V<sub>8</sub> aumentou à medida que aumentou o nível de adubação no arroz. No tratamento com nível de adubação para expectativa de resposta alta, os valores foram 125% e 17% superiores, respectivamente em relação aos tratamentos sem adubação e com adubação para expectativa de resposta média.

TABELA 13. Rendimento de massa seca da parte aérea de plantas de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
------(Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	1,2	1,2	1,0	1,2	C* 1,2
Para expectativa de resposta média	2,7	2,5	1,8	2,1	B 2,3
Para expectativa de resposta alta	2,8	2,8	3,0	2,3	A 2,7
Médias	2,2 ns	2,1	1,9	1,9	
CV (%)			23,4		

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de oito folhas expandidas (V<sub>8</sub>), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.7 Número de perfilhos por planta no estágio V<sub>8</sub>

No primeiro ano, houve efeito simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 14). O número médio de perfilhos por planta de arroz em V<sub>8</sub> foi de 2,7.

O número de perfilhos por planta de arroz foi similar nos tratamentos pousio e em sucessão ao azevém que recebeu cortes durante seu ciclo e em que a palha foi mantida em pé (Tabela 14). O menor número de perfilhos foi verificado no tratamento em que o arroz foi cultivado em sucessão ao azevém em que a palha foi rolada.

O número de perfilhos por planta de arroz aumentou até à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média, mantendo-se estável com aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta alta (Tabela 14).

No segundo ano, houve apenas efeito simples de níveis de adubação do arroz para número de perfilhos por planta (Tabela 14). O número médio de perfilhos por planta (4,4) foi maior que o verificado no primeiro ano e aumentou até à aplicação do nível mais alto de adubação no arroz. Em relação ao tratamento sem adubação, esse parâmetro aumentou 33% e 97%, respectivamente com a aplicação dos níveis de adubação para expectativa de resposta média e alta.

TABELA 14. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado no estádio de oito folhas expandidas<sup>1</sup>, cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10-----					
Sem adubação	2,3	2,6	2,3	2,4	B* 2,4
Para expectativa de resposta média	3,5	3,1	2,7	2,5	A 2,9
Para expectativa de resposta alta	2,7	3,1	2,9	2,5	A 2,7
Médias	2,8 a*	2,9 a	2,6 ab	2,4 b	
CV (%)	11,5				
-----Ano agrícola 2010/11-----					
Sem adubação	2,8	3,3	3,2	2,5	B* 3,0
Para expectativa de resposta média	3,1	3,4	5,6	3,9	B 4,0
Para expectativa de resposta alta	6,6	5,7	4,9	6,4	A 5,9
Médias	4,3 ns	4,1	4,6	4,5	
CV (%)	24,6				

CV=Coeficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estádio de oito folhas expandidas ( $V_8$ ), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### **4.3.8 Teor e quantidade acumulada de N, P e K por hectare na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio V<sub>8</sub>**

Esses parâmetros foram avaliados apenas no segundo ano do experimento. Os teores de N e K na parte aérea da planta de arroz no estágio V<sub>8</sub> não variaram em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz (Tabela 15). Os teores médios de N e K no tecido das plantas de arroz foram, respectivamente, 1,80 e 2,43.

Já para teor de P na parte aérea da planta de arroz foram significativos os efeitos simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 15). O maior teor de P nas plantas de arroz foi obtido no tratamento em que se fez cortes no azevém, simulando o pastejo, em relação aos demais, que não diferiram entre si. O teor de P na parte aérea da planta de arroz aumentou até à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média, que não diferiu do tratamento com nível de adubação para expectativa de resposta alta (Tabela 15).

TABELA 15. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estádio de oito folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Teor <sup>1</sup> de N (%)-----					
Sem adubação	1,52	1,79	1,62	1,52	NS 1,61
Para expectativa de resposta média	1,74	1,76	1,67	1,83	1,75
Para expectativa de resposta alta	2,34	1,98	1,89	2,11	2,09
Médias	1,87 ns	1,83	1,73	1,82	
CV (%)	15,9				
-----Teor <sup>1</sup> de P (%)-----					
Sem adubação	0,34	0,42	0,27	0,33	B* 0,34
Para expectativa de resposta média	0,39	0,47	0,39	0,34	A 0,40
Para expectativa de resposta alta	0,41	0,44	0,40	0,35	A 0,40
Médias	0,37 b*	0,45 a	0,35 b	0,34 b	
CV (%)	11,7				
-----Teor <sup>1</sup> de K (%)-----					
Sem adubação	2,03	2,40	1,63	1,90	NS 1,99
Para expectativa de resposta média	2,87	2,77	2,53	2,23	2,60
Para expectativa de resposta alta	3,40	2,90	2,43	2,43	2,73
Médias	2,69 ns	2,69	2,20	2,19	
CV (%)	22,4				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estádio de oito folhas expandidas ( $V_8$ ), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

Para quantidades acumuladas de N e K pelas plantas de arroz no estádio  $V_8$  ocorreram efeitos simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz (Tabela 16). As quantidades acumuladas na parte aérea de N e K obtida no tratamento em que o arroz foi cultivado em sucessão ao pousio foram similares às verificadas no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, mas foram superiores às obtidas nos tipos de manejo em que a palha do azevém foi mantida de pé ou foi rolada.

As quantidades acumuladas por hectare de N e K na planta de arroz no estádio V<sub>8</sub> aumentaram à medida que aumentou o nível de adubação no arroz (Tabela 16). Os incrementos verificados nas quantidades de N com as aplicações dos níveis de adubação para expectativa de resposta média e alta foram de, respectivamente, 20,9 e 44,2 kg ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento sem adubação. Quanto ao K, os incrementos verificados foram de 38,8 e 53,2 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem adubação.

Já para quantidade acumulada por hectare de P na planta de arroz foi significativa a interação de tipos de cobertura de solo no inverno e níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 16). Sem adubação, a quantidade acumulada por hectare de P na parte aérea da planta não variou em função de tipos de manejo da palha de azevém. Já com nível de adubação para expectativa de resposta média, as quantidades acumuladas de P foram similares nos tratamentos em pousio e nos tratamentos com cortes do azevém, sendo superiores às obtidas nos tipos de manejo em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada. Com o nível de adubação para expectativa de resposta alta, a quantidade acumulada de P foi similar nos tratamentos em pousio e nos tipos de manejo em que o azevém foi cortado e no que se manteve a palha de pé, sendo superiores ao tratamento em que a palha foi rolada.

Independentemente do sistema de manejo da palha de azevém e do pousio, a quantidade acumulada por hectare de P na parte aérea da planta de arroz em sucessão aumentou até à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média, mantendo-se estável com a aplicação do maior nível de adubação (Tabela 16).

TABELA 16. Quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estágio de oito folhas expandidas<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de N (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	17,6	21,1	16,9	20,6	C* 18,9
Para expectativa de resposta média	47,6	43,1	30,4	38,3	B 39,8
Para expectativa de resposta alta	82,6	59,5	57,7	55,1	A 63,1
Médias	45,1 a*	38,9 ab	35,0 b	38,0 ab	
CV (%)	16,6				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de P (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	B* 3,9 ns	B 4,8	B 2,7	B 3,0	
Para expectativa de resposta média	A 10,6 a	A 11,6 a	A 7,0 b	A 7,2 b	
Para expectativa de resposta alta	A 10,6 a	A 12,2 a	A 12,0 a	A 8,2 b	
CV (%)	17,2				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de K (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	23,9	28,1	16,5	17,3	C* 21,5
Para expectativa de resposta média	79,8	67,9	46,3	47,2	B 60,3
Para expectativa de resposta alta	89,2	82,5	73,3	58,4	A 74,7
Médias	61,2 a*	59,5 ab	45,4 bc	41,0 c	
CV (%)	28,4				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio de oito folhas expandidas ( $V_8$ ), de acordo com a escala proposta por Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.9 Rendimento de massa seca parte aérea do arroz irrigado na antese

No primeiro ano, esse parâmetro não variou em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação do arroz (Tabela 17). O rendimento médio de massa seca das plantas de arroz no estágio  $R_4$  (antese) foi de 10,4 Mg ha<sup>-1</sup>.

No segundo ano, houve apenas efeito simples de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 17). O rendimento de massa seca das plantas aumentou à medida que

aumentou o nível de adubação no arroz. Nos tratamentos com nível de adubação para expectativa de resposta alta e média, os rendimentos de massa seca do arroz foram, respectivamente, 59% e 46% superiores em relação ao sem adubação.

O rendimento médio de massa seca das plantas de arroz no estádio R<sub>4</sub> no segundo ano foi superior ao verificado no primeiro ano, exceto no tratamento sem adubação, em que foi menor (Tabela 17).

TABELA 17. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10 (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	10,2	9,0	9,7	7,9	NS 9,2
Para expectativa de resposta média	12,5	11,7	9,2	9,4	10,7
Para expectativa de resposta alta	9,8	11,2	11,6	12,2	11,2
Médias	10,8 ns	10,6	10,1	9,8	
CV (%)		14,8			
-----Ano agrícola 2010/11 (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> -----					
Sem adubação	9,0	7,8	7,3	7,0	C* 7,8
Para expectativa de resposta média	12,1	11,3	9,7	12,4	B 11,4
Para expectativa de resposta alta	13,5	12,9	11,5	11,8	A 12,4
Médias	11,5 ns	10,7	9,5	10,4	
CV (%)		16,3			

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo (p<0,05). \*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estádio R<sub>4</sub>, de acordo com a escala de Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.3.10 Teores e quantidades acumuladas por hectare de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado no estádio R<sub>4</sub>

No primeiro ano, os teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz no estádio R<sub>4</sub> não variaram em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 18). Os teores médios de N, P e K obtidos no experimento foram de, respectivamente, 0,88, 0,45 e 2,71%.

TABELA 18. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Teor <sup>1</sup> de N (%)-----					
Sem adubação	0,88	0,83	0,94	0,93	NS 0,89
Para expectativa de resposta média	0,80	0,86	0,75	0,84	0,81
Para expectativa de resposta alta	0,96	0,88	0,82	0,98	0,91
Médias	0,88 ns	0,86	0,84	0,93	
CV (%)	14,9				
-----Teor <sup>1</sup> de P (%)-----					
Sem adubação	0,45	0,43	0,44	0,48	NS 0,45
Para expectativa de resposta média	0,47	0,41	0,46	0,51	0,46
Para expectativa de resposta alta	0,40	0,49	0,41	0,41	0,43
Médias	0,44 ns	0,44	0,44	0,46	
CV (%)	10,9				
-----Teor <sup>1</sup> de K (%)-----					
Sem adubação	2,87	2,47	2,70	2,90	NS 2,73
Para expectativa de resposta média	2,90	2,23	2,87	2,93	2,73
Para expectativa de resposta alta	2,47	3,10	2,50	2,53	2,65
Médias	2,74 ns	2,60	2,69	2,79	
CV (%)	14,1				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio R<sub>4</sub>, de acordo com a escala de Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

No segundo ano, os teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz no estágio R<sub>4</sub> também não variaram em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação do arroz em sucessão (Tabela 19). Os teores médios de N, P e K obtidos no experimento foram de, respectivamente, 0,86, 0,29 e 1,30 %.

TABELA 19. Teores de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Teor <sup>1</sup> de N (%)-----					
Sem adubação	0,72	0,82	0,76	0,88	NS 0,79
Para expectativa de resposta média	0,87	0,82	0,93	0,89	0,88
Para expectativa de resposta alta	0,80	0,97	0,94	1,2	0,98
Médias	0,79 ns	0,87	0,88	0,99	
CV (%)	14,4				
-----Teor <sup>1</sup> de P (%)-----					
Sem adubação	0,28	0,30	0,29	0,28	NS 0,28
Para expectativa de resposta média	0,32	0,29	0,24	0,25	0,28
Para expectativa de resposta alta	0,29	0,29	0,29	0,34	0,30
Médias	0,29 ns	0,29	0,27	0,29	
CV (%)	10,9				
-----Teor <sup>1</sup> de K (%)-----					
Sem adubação	1,20	1,23	1,30	1,30	NS 1,26
Para expectativa de resposta média	1,47	1,37	1,10	1,17	1,27
Para expectativa de resposta alta	1,40	1,37	1,43	1,6	1,40
Médias	1,35 ns	1,32	1,28	1,23	
CV (%)	10,4				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio R<sub>4</sub>, de acordo com a escala de Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

No primeiro ano, as quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea da planta de arroz na antese também não variaram em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação do arroz (Tabela 20). As quantidades médias acumuladas por hectare de N, P e K na parte aérea da planta de arroz foram de, respectivamente, 89,2, 46,1 e 277,1 kg ha<sup>-1</sup>.

TABELA 20. Quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de N (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	78,4	72,6	93,4	73,8	NS 79,5
Para expectativa de resposta média	97,7	100,1	72,3	83,5	89,4
Para expectativa de resposta alta	92,3	99,8	95,5	104,4	98,0
Médias	89,5 ns	90,8	87,1	87,2	
CV (%)	9,1				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de P (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	45,7	39,7	42,7	38,0	NS 41,5
Para expectativa de resposta média	58,9	47,2	42,4	48,5	49,2
Para expectativa de resposta alta	38,8	53,6	47,5	49,8	47,4
Médias	47,8 ns	46,8	44,2	45,4	
CV (%)	18,3				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de K (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	293,8	226,7	261,4	232,0	NS 253,5
Para expectativa de resposta média	334,1	259,3	259,6	277,9	282,7
Para expectativa de resposta alta	241,1	341,4	288,1	309,2	294,9
Médias	289,7 ns	275,8	269,7	273,0	
CV (%)	20,4				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo, pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).  
<sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio R<sub>4</sub>, de acordo com a escala de Counce et al. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

No segundo ano, para quantidade acumulada de N na parte aérea das plantas de arroz na antese houve apenas efeito simples de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 21). A quantidade acumulada de N aumentou à medida que aumentou o nível de adubação no arroz. Em relação aos tratamentos sem adubação, a quantidade acumulada de N aumentou em 65% e 99% em relação, respectivamente, aos tratamentos com aplicação dos níveis de adubação para expectativas de resposta média e alta.

Já para quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de arroz na antese houve efeito simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 21). A quantidade acumulada de P foi 36% maior no pousio em relação ao tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé, embora não tenha diferido dos tratamentos com cortes do azevém, simulando pastejo ou onde a palha de azevém foi rolada. Em relação aos tratamentos sem adubação, a quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de arroz aumentou em 42% e 69% em relação, respectivamente, aos tratamentos com aplicação dos níveis de adubação para expectativas de resposta média e alta.

Para quantidade acumulada de K na parte aérea das plantas de arroz na antese houve efeito simples de tipos de cobertura do solo e níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 21). A quantidade acumulada de K foi 33% e 27% maior no pousio em relação ao tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada, respectivamente, embora não tenha diferido dos tratamentos com cortes do azevém, simulando pastejo. A quantidade acumulada de K aumentou à medida que aumentou o nível de adubação no arroz. Em relação aos tratamentos sem adubação, a quantidade acumulada de K aumentou em 42% e 69% em relação, respectivamente, aos tratamentos com aplicação dos níveis de adubação para expectativas de resposta média e alta.

TABELA 21. Quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas de arroz irrigado na antese<sup>1</sup> cultivado sob três níveis de adubação e em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>2</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de N (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	64,0	64,2	55,1	60,5	C* 60,9
Para expectativa de resposta média	109,5	92,4	88,0	112,9	B 100,7
Para expectativa de resposta alta	109,3	125,4	107,5	142,1	A 121,1
Médias	94,3 ns	94,0	83,5	105,2	
CV (%)	21,7				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de P (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	25,1	23,0	21,2	19,4	C* 22,2
Para expectativa de resposta média	40,3	33,1	22,4	30,5	B 31,6
Para expectativa de resposta alta	39,4	37,9	33,1	40,1	A 37,6
Médias	34,9 a*	31,3 ab	25,6 b	30,0 ab	
CV (%)	20,3				
-----Quantidade acumulada <sup>1</sup> de K (kg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	107,5	94,5	93,5	89,7	C* 96,3
Para expectativa de resposta média	183,4	154,0	102,5	139,7	B 144,9
Para expectativa de resposta alta	188,6	175,9	165,7	189,4	A 178,0
Médias	159,8 a*	141,4 ab	120,5 b	125,4 b	
CV (%)	19,6				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \* Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Avaliação realizada com plantas no estágio R<sub>4</sub>, de acordo com a escala de Counce et al.. (2000). <sup>2</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### **4.4 Parâmetros relacionados aos componentes do rendimento, rendimento de grãos e qualidade de grãos de arroz**

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

No primeiro ano, o número de panículas de arroz por metro quadrado não variou em função de tipos de manejo da cobertura do solo no inverno, sendo, em média de 525 panículas (Tabela 22). Em relação aos tratamentos sem adubação, o número de panículas por metro quadrado de arroz aumentou 19% com a aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média, permanecendo estável com a aplicação do maior nível de adubação (Tabela 22).

No segundo ano, foram significativos para esse componente os efeitos simples de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 22). O número de panículas por metro quadrado foi maior do que o obtido no primeiro ano, sendo de 599 panículas. O número de panículas de arroz por metro quadrado cultivado em sucessão ao pousio foi similar ao verificado no tratamento em que o azevém sofreu cortes, simulando o pastejo (Tabela 22). Ao se comparar os três tipos de manejo do azevém, observou-se que o número de panículas por metro quadrado do arroz no tratamento em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo, foi superior em relação aos tratamentos em que a palha foi mantida em pé ou rolada, embora não tenha diferido significativamente do tratamento em que a palha foi rolada.

Diferentemente do observado no primeiro ano, no segundo ano esse componente do rendimento aumentou à medida que aumentou o nível de adubação no arroz (Tabela 22). Em relação ao tratamento sem adubação, o número de panículas por metro quadrado aumentou 18% e 40%, respectivamente com aplicação dos níveis de adubação para expectativa de resposta média e alta.

TABELA 22. Número de panículas de arroz irrigado, cultivado sob três níveis de adubação, em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Número de panículas m <sup>-2</sup> -----					
Ano agrícola 2009/10					
Sem adubação	502	458	456	448	B* 466
Para expectativa de resposta média	591	551	551	518	A 553
Para expectativa de resposta alta	562	598	567	499	A 556
Médias	552 ns	536	525	488	
CV (%)	9,9				
-----Número de panículas m <sup>-2</sup> -----					
Ano agrícola 2010/11					
Sem adubação	560	508	469	521	C* 513
Para expectativa de resposta média	680	705	527	545	B 608
Para expectativa de resposta alta	778	741	667	612	A 717
Médias	672 a*	626 ab	540 c	548 bc	
CV (%)	11,2				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). \*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.2 Número de grãos por panícula

Esse componente do rendimento não variou nos dois anos do experimento em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 23). Os valores médios observados para número de grãos por panícula no primeiro e segundo ano foram, respectivamente, de 66 e 68 grãos.

TABELA 23. Número de grãos por panícula de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação do arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10-----					
Sem adubação	70	59	66	67	NS 65
Para expectativa de resposta média	68	58	72	57	64
Para expectativa de resposta alta	65	72	65	70	68
Médias	68 ns	63	68	65	
CV (%)		11,2			
-----Ano agrícola 2010/11-----					
Sem adubação	65	58	79	63	NS 66
Para expectativa de resposta média	72	66	70	72	70
Para expectativa de resposta alta	63	62	78	69	68
Médias	67 ns	62	76	68	
CV (%)		16,6			

CV=Coeficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p<0,05$ ), pelo teste de Duncan. <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.3 Peso do grão

Esse componente do rendimento também não variou nos dois anos do experimento em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 24). Os valores médios observados para peso do grão foram de 25,4 e 23,6 mg, respectivamente no primeiro e segundo ano do experimento.

TABELA 24. Peso do grão de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação do arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10 (mg)-----					
Sem adubação	26,6	25,7	25,2	24,7	NS 25,5
Para expectativa de resposta média	24,7	24,7	25,7	25,2	25,1
Para expectativa de resposta alta	25,9	25,4	25,5	25,9	25,7
Médias	25,7 ns	25,3	25,5	25,3	
CV (%)	2,0				
-----Ano agrícola 2010/11 (mg)-----					
Sem adubação	23,8	23,1	23,1	23,3	NS 23,3
Para expectativa de resposta média	23,8	23,9	23,5	23,6	23,7
Para expectativa de resposta alta	24,0	23,7	23,9	23,6	23,8
Médias	23,9 ns	23,6	23,5	23,5	
CV (%)	1,5				

CV=Coeficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ), pelo teste de Duncan. <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.4 Esterilidade de espiguetas

Esse parâmetro também não variou nos dois anos do experimento em função de tipos de cobertura de solo no inverno e de níveis de adubação no arroz (Tabela 25). Os valores médios observados foram de 10,0 e 12,3 %, respectivamente para o primeiro e segundo ano.

TABELA 25. Esterilidade de espiguetas do arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
----- Ano agrícola 2009/10 (%) -----					
Sem adubação	9,4	13,5	12,9	12,4	NS 12,0
Para expectativa de resposta média	7,8	11,7	9,0	6,5	8,7
Para expectativa de resposta alta	9,7	11,9	7,1	7,9	9,1
Médias	9,0 ns	12,4	9,7	8,9	
CV (%)		43,3			
----- Ano agrícola 2010/11 (%) -----					
Sem adubação	8,9	12,5	16,0	12,5	NS 12,4
Para expectativa de resposta média	13,7	10,7	14,4	17,7	14,1
Para expectativa de resposta alta	10,1	9,4	9,5	12,2	10,3
Médias	10,9 ns	10,9	13,3	14,1	
CV (%)		47,6			

CV=Coeficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.5 Índice de colheita aparente

Esse parâmetro não variou nos dois anos do experimento em função de tipos de cobertura do solo no inverno e de níveis de adubação no arroz (Tabela 26). Os valores médios observados para o primeiro e segundo ano foram de, respectivamente, 0,47 e 0,54.

TABELA 26. Índice de colheita aparente do arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
----- Ano agrícola 2009/10 -----					
Sem adubação	0,41	0,61	0,64	0,54	NS 0,55
Para expectativa de resposta média	0,40	0,35	0,48	0,41	0,41
Para expectativa de resposta alta	0,58	0,41	0,35	0,41	0,44
Médias	0,46 ns	0,46	0,49	0,45	
CV (%)	34,2				
----- Ano agrícola 2010/11 -----					
Sem adubação	0,55	0,54	0,52	0,55	NS 0,54
Para expectativa de resposta média	0,55	0,56	0,53	0,53	0,54
Para expectativa de resposta alta	0,52	0,53	0,53	0,52	0,53
Médias	0,54 ns	0,54	0,53	0,53	
CV (%)	5,0				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.6 Rendimento de grãos

No primeiro ano, em que se obteve rendimento médio de grãos de arroz de 8,9 Mg ha<sup>-1</sup>, houve apenas efeito simples de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 27). O rendimento de grãos não variou em função de tipos de cobertura de solo no inverno. No entanto, na média dos três níveis de adubação no arroz em sucessão, observou-se uma tendência de se obter maiores valores numéricos nos tratamentos em que o azevém foi cortado, simulando o pastejo e no pousio, em relação aos tipos de manejo em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada.

Em relação aos tratamentos sem adubação, o rendimento de grãos de arroz aumentou significativamente até à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média, com incrementos de 7 e 12%, respectivamente com a aplicação dos níveis de adubação para expectativas de respostas média e alta.

No segundo ano, em que o rendimento médio de grãos de arroz foi de 8,6 Mg ha<sup>-1</sup>, também houve apenas efeito simples de níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 27). O rendimento de grãos não variou em função de tipos de cobertura de solo no inverno. No entanto, na média dos três níveis de adubação no arroz, também se observou uma tendência de se obter maiores valores numéricos para rendimento de grãos no tratamento em que o azevém foi cortado periodicamente, simulando o pastejo, em relação aos tipos de manejo em que a palha de azevém foi mantida em pé ou rolada e ao pousio.

No segundo ano, houve maior resposta do arroz à adubação. O rendimento de grãos de arroz aumentou significativamente até à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta alta, com incrementos de 33% e 56%, respectivamente em relação à aplicação do nível de adubação para expectativa de resposta média e ao tratamento sem adubação (Tabela 27).

TABELA 27. Rendimento de grãos de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10 (Mg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	8,6	8,6	8,3	7,9	B* 8,4
Para expectativa de resposta média	9,2	9,5	8,2	9,3	A 9,0
Para expectativa de resposta alta	9,5	9,9	9,0	9,2	A 9,4
Médias	9,1 ns	9,3	8,5	8,8	
CV (%)		7,2			
-----Ano agrícola 2010/11 (Mg ha <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	7,0	6,5	6,0	6,8	C* 6,6
Para expectativa de resposta média	8,7	9,4	8,0	9,1	B 8,8
Para expectativa de resposta alta	9,9	10,7	9,9	10,6	A 10,3
Médias	8,5 ns	8,9	8,0	8,8	
CV (%)		11,1			

CV=Coefficiente de variação (%). ns: não significativo (p<0,05). \*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.7 Rendimento do grão

Nos dois anos, esse parâmetro não foi influenciado pelos tipos de cobertura de solo no inverno e pelos níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 28). Os valores médios observados para rendimento do grão no primeiro e segundo ano, foram, respectivamente, de 64,4e 62,6%.

TABELA 28. Rendimento do grão de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Ano agrícola 2009/10 (%)-----					
Sem adubação	63,1	63,6	65,0	62,3	NS 63,5
Para expectativa de resposta média	63,6	64,8	64,5	64,3	64,3
Para expectativa de resposta alta	64,1	66,2	64,8	64,9	65,0
Médias	63,6 ns	64,9	64,8	63,8	
CV (%)			2,0		
-----Ano agrícola 2009/10 (%)-----					
Sem adubação	62,2	64,3	62,1	60,5	NS 62,0
Para expectativa de resposta média	63,6	63,6	61,8	61,2	62,6
Para expectativa de resposta alta	62,7	62,3	65,3	62,3	63,1
Médias	62,8 ns	63,2	63,0	61,4	
CV (%)			2,6		

CV=Coefficiente de variação (%). NS e ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

#### 4.4.8 Teor de proteína nos grãos polidos

Esse parâmetro foi avaliado apenas no primeiro ano e não foi influenciado pelos tipos de cobertura de solo no inverno e pelos níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 29). O valor médio observado para teor de proteína nos grãos foi de 7,2%.

TABELA 29. Teor de proteína nos grãos polidos de arroz irrigado cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2009/10.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
------(%)-----					
Sem adubação	8,3	6,9	7,0	8,5	NS 7,7
Para expectativa de resposta média	8,0	5,9	6,4	8,2	7,2
Para expectativa de resposta alta	7,9	7,3	5,5	6,2	6,8
Médias	8,1 ns	6,7	6,3	7,6	
CV (%)	16,5				

CV=Coefficiente de variação (%). NS ou ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm.

#### 4.5 Teor de argila e atributos químicos do solo ao final do experimento

Esses atributos foram avaliados apenas no final do ano agrícola 2010/11 e não foram influenciados pelos tipos de cobertura de solo no inverno e pelos níveis de adubação no arroz em sucessão (Tabela 30 e 31). O valor médio observado para teor de argila do solo, pH em água, CTC efetiva, teor de matéria orgânica do solo, teor de P e K foi de 19,2%; 4,8; 3,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 16,8  $\text{g kg}^{-1}$ ; 10,8  $\text{mg dm}^{-3}$  e 20  $\text{mg dm}^{-3}$ , respectivamente.

TABELA 30. Teor de argila, pH e CTC do solo cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Teor de argila(%)-----					
Sem adubação	19	19	20	20	NS 19
Para expectativa de resposta média	19	17	18	24	19
Para expectativa de resposta alta	19	19	18	19	19
Médias	19 ns	18	19	21	
CV (%)	12,5				
-----pH em H <sub>2</sub> O-----					
Sem adubação	4,8	4,8	4,7	4,8	NS 4,8
Para expectativa de resposta média	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8
Para expectativa de resposta alta	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7
Médias	4,8 ns	4,8	4,7	4,8	
CV (%)	2,0				
-----CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )-----					
Sem adubação	3,3	3,2	3,3	3,5	NS 3,3
Para expectativa de resposta média	3,3	3,3	3,4	3,2	3,3
Para expectativa de resposta alta	3,6	3,3	3,5	3,5	3,5
Médias	3,4 ns	3,3	3,4	3,4	
CV (%)	10,6				

CV=Coefficiente de variação (%). NS e ns: não significativo ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

TABELA 31. Teor de matéria orgânica, P e K do solo cultivado sob três níveis de adubação em sucessão a três tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio. Cachoeirinha, RS, 2010/11.

Níveis de adubação no arroz em sucessão	Pousio	Tipos de manejo do azevém			Médias
		Com cortes, simulando pastejo <sup>1</sup>	Palha mantida em pé	Palha rolada	
-----Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )-----					
Sem adubação	14,0	16,0	21,6	19,3	NS 17,7
Para expectativa de resposta média	13,3	17,0	15,6	17,7	15,9
Para expectativa de resposta alta	19,6	12,7	17,3	17,6	16,8
Médias	15,7 ns	15,2	18,2	18,2	
CV (%)	21,8				
-----Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )-----					
Sem adubação	10,4	9,9	7,8	8,6	NS 9,1
Para expectativa de resposta média	10,6	10,2	12,4	12,6	11,5
Para expectativa de resposta alta	11,0	14,0	11,0	11,9	12,0
Médias	10,7 ns	11,3	10,4	11,0	
CV (%)	25,5				
-----Teor de K (mg dm <sup>-3</sup> )-----					
Sem adubação	17	18	17	19	NS 18
Para expectativa de resposta média	20	20	22	21	21
Para expectativa de resposta alta	21	22	21	23	22
Médias	19 ns	20	20	21	
CV (%)	18,6				

CV=Coefficiente de variação (%). NS e ns: não significativo (p<0,05). <sup>1</sup>Média de quatro cortes da parte aérea do azevém, cortando-se metade da parte aérea quando as plantas atingiam 20 cm de altura.

## 5 DISCUSSÃO

Para facilitar a discussão dos resultados, serão abordados inicialmente aspectos relativos à cultura do azevém e ciclagem de nutrientes para o arroz irrigado, na seqüência, manejo da palha de azevém no estabelecimento e desenvolvimento do arroz irrigado e, por último, o rendimento de grãos de arroz irrigado em sucessão ao azevém.

### 1. Cultura do azevém e ciclagem de nutrientes para o arroz irrigado:

De acordo com a primeira hipótese deste trabalho, o cultivo de azevém sob condições de alto rendimento de massa seca (acima de  $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e adequado manejo da palha intensifica a ciclagem de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, aumentando a sua disponibilidade para o arroz em sucessão. O rendimento de massa seca da parte aérea do azevém obtido nos dois anos variou entre 2,07 e  $4,16 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Tabelas 2 e 3), sendo considerado como médio e alto, respectivamente, conforme classificação de Amado et al. (2002). Esse parâmetro não foi influenciado pelos tipos de manejo da palha nos dois anos e, especificamente no segundo ano, também não variou em função de níveis de adubação aplicado no arroz cultivado no ano anterior (Tabela 3). Os rendimentos de massa seca foram semelhantes aos obtidos anteriormente no mesmo local por Jandrey (2008), Serpa et al. (2009) e Vieira et al. (2009).

Obeve-se, no primeiro ano, menor valor numérico para rendimento de massa seca no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, em relação aos tipos de manejo em que a palha foi mantida de pé ou rolada (Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído ao procedimento inadequado de coleta de amostras de massa seca. As amostras foram coletadas sempre no mesmo local, com remoção da parte aérea cortada das plantas de azevém, o que pode ter contribuído para retirada de nutrientes das unidades experimentais correspondentes a esse tratamento. Já no segundo ano, modificou-se a metodologia para que as diferentes amostragens fossem realizadas em pontos aleatórios das unidades experimentais. Dessa forma, os resíduos dos diferentes cortes da planta permaneceram sobre o solo, o que pode ter contribuído para a obtenção de maior valor numérico para rendimento de massa seca (Tabela 3).

Esse maior rendimento numérico de massa seca no segundo ano obtido no tratamento com cortes periódicos das plantas de azevém, simulando o pastejo, em comparação ao manejo da palha em pé ou rolada, pode estar associado a maior ciclagem de nutrientes. Assim, as quantidades de N, P e K acumuladas na parte aérea do azevém nesse tratamento foram maiores em relação aos outros dois tipos de manejo do azevém (Tabela 6). Essas maiores quantidades acumulada desses nutrientes pode estar associada a alterações morfo-fisiológicas da parte aérea e das raízes dessa espécie de cobertura de solo, devidas aos cortes periódicos da parte aérea das plantas e à deposição de resíduos sobre o solo.

Apesar de não ter sido avaliado, é possível que no sistema com cortes sucessivos da parte aérea do azevém, tenha havido maior crescimento e distribuição radicular no perfil do solo, proporcionando maior ciclagem de nutrientes. Em consequência, é possível que tenha havido aumento do suprimento de nutrientes via interceptação radicular pelo aumento na área e no volume de raízes. Além disso, em função do aumento da área externa de raízes, pode ter aumentado o suprimento de nutrientes, principalmente de P e K, pelo mecanismo de difusão. Da mesma forma, os cortes periódicos na parte aérea das plantas de azevém podem ter demandado maior aporte de fotoassimilados para promover novo crescimento da parte aérea e, com isso, aumentar o fluxo transpiratório. Assim, o suprimento de nutrientes pelo mecanismo de fluxo de massa, que tem grande importância para suprir N às raízes das plantas (BARBER, 1995).

De modo geral, a elevada capacidade de acumular nutrientes obtida nos tratamentos com tipos de manejo do azevém em relação ao pousio (Tabela 4) está associada ao alto potencial de rendimento de massa seca e a eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes de azevém (ANGHINONI & MEURER, 1999). Essa última característica, que é determinada pelos parâmetros cinéticos de absorção:  $V_{max}$  (taxa de absorção),  $K_m$  (constante de Michaelis-Menten) e  $C_{min}$  (concentração mínima de absorção) é otimizada em plantas de azevém (ANGHINONI & MEURER, 1999; BARBER, 1995).

É importante ressaltar que o tratamento com cortes sucessivos da parte aérea do azevém representa apenas uma simulação de pastejo. Sob condição real de pastejo com animais, há outros fatores que estimulam o crescimento da pastagem e resultam na obtenção de maiores rendimentos de massa seca da parte aérea. Rendimentos de massa seca de até  $8,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  (ROCHA, 2007) foram obtidos, devido à reposição de nutrientes via esterco e urina e ao estímulo do crescimento vegetativo por enzimas presente na

saliva dos animais (CARVALHO et al., 2005; PANIGATTI, 1992). Por outro lado, o manejo inadequado da pastagem e do pastejo, o pisoteio e a possibilidade de maior compactação do solo podem reduzir o rendimento de massa seca de forrageiras (CASSOL, 2003; PETEAN et al., 2009). Portanto, o maior valor numérico do rendimento de massa seca obtido no segundo ano no tratamento com cortes periódicos do azevém, simulando o pastejo, em relação aos tipos de manejo em que a palha foi mantida de pé ou rolada (Tabela 3) pode estar associado à mudança na metodologia de avaliação e à adubação nitrogenada em cobertura. Também, ao manejo com cortes da parte aérea na altura indicada de 20 cm (CARVALHO et al., 2005) e à ausência de pisoteio, por não receber animais.

Em terras altas, aporte anual de resíduos em quantidade superior a  $12,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  é importante para manter e/ou aumentar a matéria orgânica do solo a médio e a longo prazo (BAYER et al., 2006). Nesse sentido, os resultados obtidos com uso da sucessão azevém-arroz irrigado demonstram ser possível o aporte total anual de até  $17,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de resíduos de azevém e arroz em sucessão (Tabelas 2, 3, e 17). Essa quantidade de resíduos é superior à quantidade aportada apenas pelo cultivo de arroz em sucessão ao pousio. Além disso, o cultivo de azevém no inverno permite a fixação de carbono nessa estação climática, que originalmente limita o crescimento e o desenvolvimento de espécies de plantas não adaptadas. Assim, o uso de azevém antecedendo o cultivo de arroz irrigado também pode contribuir para aumentar o balanço positivo de carbono, pela sua maior fixação ao longo de cada ano. Estima-se que a adoção conjunta das práticas de eliminação de pousio, cultivos em semeadura direta, uso de plantas de cobertura do solo em sistemas de rotação e/ou sucessão e o manejo de pastagens possa adicionar ao solo as quantidades de  $0,53$  a  $1,47 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (RICE & REED, 2007). Além do aumento do estoque de carbono no solo, a adoção dessas práticas pode aumentar a qualidade do solo e mitigar a emissão de gases de efeito estufa (BAYER et al., 2000).

Entretanto, ao final do experimento não foi possível detectar variação no teor de matéria orgânica no solo em função de tipos de manejo do azevém e pousio, e níveis de adubação no arroz (Tabela 31). O incremento no teor de matéria orgânica do solo somente é visto somente com a consolidação do sistema de manejo conservacionista do solo (ANGHINONI, 2007). Assim, experimentos de longa duração poderiam evidenciar os processos de manutenção e ou incremento da matéria orgânica do solo em sistemas de sucessão no arroz irrigado.

A qualidade de resíduos de azevém pode ser avaliada pela relação C:N da parte aérea das plantas. Nos dois anos, essa relação oscilou entre 18 e 25:1 (Tabelas 2 e 3), sendo considerada baixa (BISSANI et al., 2008). Nos dois anos, esse parâmetro não foi influenciado pelos tipos de manejo da palha e, especificamente no segundo ano, também não variou em função de níveis de adubação residual aplicados no arroz cultivado no primeiro ano.

A baixa relação C:N obtida (Tabelas 2 e 3) pode ter sido devida à adubação nitrogenada aplicada em cobertura e ao manejo das plantas em plena floração. A adubação nitrogenada no azevém aumenta o acúmulo de N na palha, facilitando a decomposição de resíduos (VIEIRA, 2010). O estágio fisiológico em que as plantas se encontram, também influencia a taxa de decomposição. Ocorre maior ataque microbiano no estágio de plena floração, em que ocorre maior acúmulo de açúcares simples e celulose, e em tecidos com maior teor de N (BISSANI et al., 2008). Assim, a composição dos resíduos de azevém pode determinar a sua taxa de decomposição e, com isso influenciar, a ciclagem de nutrientes. Baixa relação C:N da palha favorece sua decomposição, acelera a mineralização de nutrientes (AITA & GIACOMINI, 2003) e possibilita o fornecimento de alimentos de qualidade superior nos sistemas de integração lavoura-pecuária (BISSANI et al., 2008).

Desta forma, os teores remanescentes de N, P e K obtidos nos resíduos de azevém no experimento (Figura 4) foram influenciados pela baixa relação C:N da sua palha (Tabelas 2 e 3), e pelas condições de temperatura, umidade e manejo em que os resíduos foram expostos. A ocorrência de temperatura média que oscilou entre 17 e 22 °C (Figura 2), e o volume de precipitação pluvial de 187 mm (Figura 3) acumulado durante o período de decomposição dos resíduos podem ter influenciado a cinética da decomposição dos resíduos. Sob temperaturas mais baixas e menor disponibilidade hídrica, a taxa de decomposição de resíduos pode ser reduzida em cinco vezes em relação a temperaturas mais altas em regiões sub-tropicais e tropicais (CERRI, 1986; DE BONA, 2007).

Os teores remanescentes dos nutrientes N e K da parte aérea de plantas de azevém não variaram em função do manejo da palha (Figura 4a e 4c). Isso pode ter ocorrido devido à dificuldade em diferenciar a campo os tratamentos, principalmente em relação ao tratamento em que a palha foi mantida em pé. Nesse tratamento, os sacos de decomposição foram posicionados em pé, porém com o decorrer do tempo se

aproximaram da superfície, fazendo com que possivelmente o teor de umidade dos resíduos não variasse entre os tratamentos.

Com relação ao N, cerca de 50% do teor presente nos resíduos de azevém foi liberado dos tecidos durante o período de 56 dias após sua dessecação (Figura 4a). Esse período coincidiu com o estágio V<sub>4</sub>-V<sub>5</sub> das plantas de arroz irrigado cultivado em sucessão. Isso, porém, não influenciou o rendimento de massa seca de plantas de arroz no estágio V<sub>8</sub> (Tabela 13). A taxa de mineralização deste nutriente (0,0124 a 0,0135 % dia<sup>-1</sup>) pouco variou entre os tipos de manejo do azevém (Figura 4a).

Neste sentido, durante a avaliação no experimento foi possível verificar apenas a fase rápida de liberação de N dos resíduos (Figura 4a). Porém, é possível que, com o esgotamento do N dos resíduos, a taxa de liberação atingisse a fase mais lenta. Assim, a cinética da mineralização consiste de duas fases distintas: uma rápida, com elevada liberação de nutrientes, e outra fase lenta, em que os nutrientes são liberados mais lentamente (MARY & RECOUS, 1994). Durante a decomposição dos resíduos ocorre simultaneamente mineralização e imobilização de nutrientes, principalmente de N. Maior disponibilidade de nutrientes (mineralização líquida) ocorre quando a mineralização bruta supera a imobilização bruta, resultando em aumento do teor de nutrientes na solução do solo (AITA & GIACOMINE, 2003).

Já para o nutriente P, o manejo com cortes sucessivos da parte aérea do azevém resultou em maior teor remanescente nos resíduos (Figura 4b). Este resultado pode estar associado ao maior teor inicial de P encontrado na parte aérea do azevém neste tratamento (Tabela 5). Apenas 38% do teor inicial de P foi mineralizado durante o período de 56 dias, enquanto que a taxa de mineralização entre os tipos de manejo do azevém variou de 0,0080 a 0,0084 % dia<sup>-1</sup> (Figura 4b). A menor taxa de liberação de P comparada aos outros dois nutrientes avaliados (Figura 4) está associada à característica desse nutriente em participar de compostos estruturais das plantas, como ATP, DNA, RNA, co-enzimas e outros componentes das células, podendo retardar a sua liberação dos tecidos (BUCHANAN et al., 2000).

É possível que a liberação lenta e gradativa do P proporcione a redistribuição de formas orgânicas de P, mais móveis e menos suscetíveis às reações de adsorção com o solo (ANGHINONI, 2007). A presença de resíduos de plantas de cobertura do solo aumenta o P-orgânico no solo (SÁ, 2004). Além disso, os ácidos orgânicos produzidos durante a decomposição vegetal diminuem as reações de sorção de P com o solo, aumentando sua concentração na solução (ANGHINONI, 2007).

O teor de P no solo ao final do experimento não variou em função de tipos de manejo do azevém e pousio e, níveis de adubação no arroz (Tabela 31). Entretanto, o aumento numérico no teor de P à medida que aumentou a adubação é indicativo da reduzida perda desse nutriente no solo (Tabela 31). A condução por período maior de tempo desse experimento poderia esclarecer a contribuição da sucessão com azevém e de níveis de adubação no teor de P no solo.

Para o nutriente K, a taxa de mineralização obtida foi alta, comparativamente ao N e ao P, variando entre tipos de manejo do azevém de 0,0336 a 0,0366 % dia<sup>-1</sup> (Figura 4). Assim, mais de 90% do teor de K nos tecidos foi mineralizado até os 56 dias após a dessecação do azevém (Figura 4c). Esse nutriente não constitui compostos estruturais e tem grande mobilidade na planta (TAIZ & ZEIGER, 2009). Esta característica faz que o K seja removido dos tecidos das plantas e retorne muito rápido ao solo. Isto pode ser visto no experimento em função da alta taxa de liberação de K dos resíduos (Figura 4c). Essa alta taxa de liberação de K pode ocasionar perdas desse nutriente caso não haja retenção na CTC do solo e ou a ciclagem por cultivos em sucessão (MIELNICZUK, 2005). Assim, uma das formas de reduzir a perda desse nutriente que também pode ocorrer no cultivo de arroz irrigado, é pelo uso de plantas de cobertura do solo em sistemas de sucessão (MIELNICZUK, 2005). Entretanto, esse benefício somente é evidenciado com a consolidação do sistema conservacionista de manejo do solo (ANGHINONI, 2007). Assim, os dois anos de condução do experimento não foram suficientes para evidenciar variação no teor de K no solo em função de tipos de manejo do azevém e pousio e, níveis de adubação (Tabela 31).

Para diminuir as perdas de K, é fundamental que o cultivo em sucessão tenha alta capacidade de acumular esse nutriente. Isso foi verificado, nos dois anos, no sistema de manejo do azevém com cortes, simulando o pastejo (Tabelas 4 e 6). Nesse sistema de manejo, o azevém acumulou a maior quantidade de K, cerca de 87 kg ha<sup>-1</sup>, na média dos dois anos (Tabelas 4 e 6). Além de reter mais K nos tecidos das plantas, o alto rendimento de massa seca obtido com uso do azevém em sistemas de sucessão (Tabelas 2 e 3) poderia contribuir, a médio e a longo prazo, para aumentar o teor de matéria orgânica do solo. Com isso, é possível o surgimento de propriedades emergentes do solo, entre elas, o aumento na CTC, que pode reter o K e mantê-lo na forma trocável (ANGHINONI, 2007; BISSANI, 2008). Assim, considerando a elevada capacidade de acumular K pelas plantas de azevém (Tabelas 4 e 6) e a alta demanda por esse nutriente pelas plantas de arroz (Tabelas 12, 16, 20 e 21), a adoção de sistema de sucessão

azevém-arroz irrigado pode favorecer a ciclagem e reduzir as perdas desse nutriente. Entretanto, ao final do segundo ano do experimento, não foi possível evidenciar

Analisando a ciclagem de nutrientes a partir do desenvolvimento das plantas de arroz irrigado, nos dois anos do experimento, os tratamentos em que foram obtidos os maiores rendimentos de massa seca de plantas de arroz irrigado nos estádios  $V_8$  e  $R_4$  (Tabelas 13 e 17), também resultaram em maior acúmulo de N, P e K nas plantas de arroz (Tabelas 16, 20 e 21). A quantidade de nutrientes acumulada depende do teor do nutriente no tecido e do rendimento de massa seca produzido pelas plantas. Considerando a pouca variação observada nos teores dos nutrientes no tecido em função de tipos de manejo do azevém e do pousio (Tabelas 11, 15, 18 e 19), conclui-se que as quantidades acumuladas de N, P e K na parte aérea das plantas variaram de forma proporcional ao rendimento de massa seca das plantas de arroz.

A quantidade acumulada de N, P e K nas plantas de arroz no estágio  $V_8$  aumentou à medida que aumentou o nível de adubação aplicado no arroz (Tabela 16). Esse efeito também pode estar associado ao maior acúmulo de massa seca nas plantas de arroz (Tabela 13), visto que os teores desses nutrientes na parte aérea variaram pouco (Tabela 15). Por outro lado, poderia ter ocorrido menor imobilização de nutrientes, principalmente de N e K, no pousio e no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo. Isto pôde ser evidenciado pelo maior acúmulo desses nutrientes na parte aérea de plantas de arroz cultivadas em sucessão ao pousio e ao sistema em que se realizou cortes na planta de azevém, simulando o pastejo (Tabela 16).

Já no estágio  $R_4$  das plantas de arroz, o rendimento de massa seca da parte aérea aumentou à medida que aumentou os níveis de adubação aplicados no arroz (Tabela 17). O mesmo ocorreu com a quantidade acumulada de N, P e K na parte aérea das plantas no estágio  $R_4$  (Tabela 20 e 21). Assim, evidencia-se que a aquisição de nutrientes pelas plantas de arroz irrigado em diferentes estádios de desenvolvimento e a capacidade das plantas de acumular massa seca estão interligadas. O cultivo de arroz irrigado com aplicação crescente de níveis adubação, em ambos os anos, pode proporcionar maior aquisição de nutrientes em função do nível de adubação e, no segundo ano, do efeito residual da adubação aplicada no ano anterior (Tabela 21). Por outro lado, no segundo ano, o maior acúmulo de P e K verificado no pousio e no tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo, poderia ser indicativo da menor imobilização desses nutrientes, em relação aos outros dois tipos de manejo do azevém (Tabela 21).

Portanto, diante dos aspectos expostos, foi possível confirmar a hipótese de que o cultivo de azevém em condições de elevado rendimento de massa seca (acima de  $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e sob apropriado manejo da palha intensifica a ciclagem de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, para disponibilizá-los para o arroz em sucessão. Esta confirmação relaciona-se principalmente ao sistema de manejo do azevém com cortes, simulando o pastejo. Assim, neste tratamento obteve-se alto rendimento de massa seca e elevada capacidade de acumular nutrientes.

Além do potencial de uso do azevém como cultura cicladora de nutrientes, outro importante benefício da adoção da sucessão azevém-arroz irrigado relaciona-se ao seu efeito positivo sobre o balanço de carbono. Assim, com o uso da sucessão é possível aportar por ano ao solo até  $17 \text{ Mg ha}^{-1}$  de massa seca de azevém e palha de arroz, o que é superior à quantidade aportada apenas com o cultivo de arroz em sucessão ao pousio (Tabelas 2, 3 e 17). Outro benefício potencial desse sistema de sucessão relaciona-se à possibilidade de integração lavoura-pecuária, com fornecimento de forragem de qualidade para os animais em períodos de escassez de alimento. Isso permite a diversificação de renda do agricultor, melhoria do ambiente, intensificação da ciclagem e redução das perdas de nutrientes. Uma outra possível vantagem da adoção da sucessão azevém-arroz irrigado relaciona-se ao possível efeito positivo da deposição de resíduos no controle de plantas daninhas. Apesar desse aspecto não ter sido avaliado no experimento, observou-se visualmente menor incidência de plantas daninhas nos tratamentos com presença de azevém em relação ao pousio.

## 2. Manejo da palha de azevém e estabelecimento do arroz irrigado:

A segunda hipótese de estudo foi de que a presença excessiva (mais de  $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) de palha de azevém antecedendo o cultivo de arroz irrigado dificulta a semeadura, o estabelecimento e o desenvolvimento inicial de plantas de arroz irrigado na época de semeadura preferencial (meados de setembro a 10 de novembro), em função do impedimento físico da palha de azevém e do acúmulo excessivo de água no solo.

O rendimento de massa seca da parte aérea do azevém obtido nos dois anos do experimento variou de médio a alto (Tabelas 2 e 3) conforme já discutido anteriormente. Se por um lado, busca-se maior aporte possível de resíduos para promover os benefícios do sistema de sucessão, por outro, a presença de alta quantidade de resíduos antecedendo a semeadura do arroz poderia ser uma limitação à operação de semeadura do arroz em sucessão. Este alto rendimento de massa seca de azevém poderia dificultar a semeadura e o desenvolvimento inicial do arroz na época preferencial. Dentre as estratégias para

minimizar estas limitações está o uso de sistemas de integração lavoura-pecuária, com o pastejo das plantas de cobertura do solo, que poderia resultar em menor acúmulo de massa seca imediatamente antes da semeadura do arroz em sucessão (Tabela 2 e 3). Outra forma é a antecipação da época de dessecação das plantas, com antecedência de 49 a 21 dias, conforme realizado no experimento no primeiro e segundo ano, respectivamente e reportado por outros autores (SERPA et al., 2009; VIEIRA et al., 2009). Isto permite o aumento do tempo de decomposição, reduzindo a quantidade de resíduos. Também, o aporte de resíduos de baixa relação C:N obtido no experimento (Tabela 2 e 3) pode facilitar a decomposição (BISSANI et al., 2008).

Outro aspecto importante para viabilizar a semeadura do arroz na época preferencial é o teor de água no solo no momento da semeadura. Esse parâmetro foi menor no pousio em relação aos três tipos de manejo da palha de azevém (Figura 5). Esses resultados estão de acordo com Conte (2007), em trabalho realizado em terras altas, em que maiores teores de água no solo foram obtidos em sistemas de semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura do solo em relação ao sistema de cultivo convencional sem cobertura de solo. Este menor acúmulo de água no solo no sistema em pousio também poderia ser atribuído ao maior selamento superficial do solo, que aumenta o escoamento da lâmina de água. Por outro lado, os maiores teores de água observados nos tratamentos com azevém podem ser devidos à maior proteção à perda de água exercida pela presença da palha de azevém. Isso limitaria a penetração da radiação solar e reduziria a amplitude térmica. Desta forma, a camada de saturação de vapor d'água junto ao solo é mantida, minimizando as perdas (SALTON, 1991).

Por sua vez, a variação no teor de água no solo pode afetar a germinação de sementes e a emergência de plantas. Neste sentido, o maior índice de velocidade de emergência (IVE) foi obtido conforme o esperado no pousio, apesar de não diferir significativamente do tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo (Tabela 7). A maior velocidade de emergência de plantas aumenta o potencial de competição pelos recursos naturais, resultando na obtenção de densidade adequada de plantas de arroz (NI et al., 2000; FLECK et al., 2003). Apesar de não ter sido avaliada a temperatura do solo neste estudo, é possível que houve maior acúmulo térmico no solo no pousio e no tratamento onde o azevém foi cortado, simulando pastejo. Este possível aumento na temperatura do solo pode ter favorecido a germinação de sementes e a emergência de plantas.

Na comparação entre níveis de adubação no arroz em sucessão, o menor IVE foi obtido no nível de adubação para expectativa de resposta alta (Tabela 7). Isso poderia ser causado pela possível redução na disponibilidade de água livre no solo em função do maior índice salino próximo às sementes de arroz. Assim, a maior quantidade de adubo aplicado e o baixo volume de precipitação pluvial registrado no período da semeadura até o estágio V<sub>3</sub> (Figura 3) podem ter reduzido o potencial de água no solo. Isto pode afetar os processos de germinação de sementes e emergência das plantas, resultando em redução da densidade inicial de plantas (POPINIGS, 1977).

Neste contexto, a densidade inicial de plantas e o rendimento de massa seca de parte aérea de plantas de arroz no estágio V<sub>3</sub>, no primeiro ano do experimento, não variaram em função de tipos de manejo da cobertura (Tabela 8). Possivelmente, a maior precipitação pluvial registrada no período entre a semeadura e o estágio V<sub>3</sub> (Figura 3) e a maior temperatura média do ar (Figura 2) decorrente da semeadura mais próxima do final da época preferencial podem ter influenciado os resultados. Em estudo no mesmo local e ano desenvolvido por Serpa et al. (2009), foram obtidos resultados semelhantes. Contudo, no segundo ano, a densidade inicial de plantas foi superior no pousio em relação aos três tipos de manejo do azevém (Tabela 8). Este resultado pode estar associado à maior velocidade de emergência obtida em decorrência da maior temperatura (Figura 2). O mesmo resultado foi obtido por Menezes et al. (2001) que, no entanto, atribuíram a menor densidade de plantas de arroz em sucessão ao azevém a possíveis efeitos alelopáticos de resíduos de azevém na germinação de sementes de arroz.

Em relação aos três tipos de manejo do azevém, no segundo ano, a maior densidade inicial de plantas de arroz foi obtida no o tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, em relação ao tratamento em que a palha foi mantida em pé, embora não tenha se diferenciado significativamente da palha de azevém rolada (Tabela 8). O manejo antecipado da palha de azevém com cortes periódicos, simulando o pastejo, ou a rolagem da palha podem reduzir a limitação física de estabelecimento das plantas de arroz, podendo se constituir em uma estratégia eficiente para garantir adequada densidade inicial de plantas de arroz irrigado.

Apesar de ser observada menor densidade inicial de plantas de arroz no segundo ano em relação ao primeiro ano do experimento (Tabela 8), os valores obtidos situam-se dentro da faixa recomendada, que é de 150 e 300 plantas por metro quadrado (SOSBAI, 2010). A menor densidade obtida no segundo pode estar associado à ocorrência de

menor precipitação pluvial e temperatura do ar, devidas à antecipação da semeadura do arroz irrigado em 18 dias em relação ao primeiro ano (Figuras 3 e 2). Outro fator que pode ter determinado a redução na densidade inicial é o intervalo verificado entre a dessecação do azevém e a semeadura do arroz. Esses intervalos foram de 49 dias e de 21 dias, respectivamente no primeiro e segundo anos. É possível que no segundo ano tenha havido maior quantidade de resíduos de azevém intactos e em decomposição antecedendo a semeadura do arroz. Isso poderia causar maior impedimento físico e, possivelmente, acúmulo de fitotóxicos, com conseqüente redução da densidade inicial e do rendimento de massa seca das plantas (BOHNEN et al., 2005).

Neste sentido, no segundo ano, o rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de arroz no estágio V<sub>3</sub> foi maior no pousio e no tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo, em relação aos outros dois tipos de manejo do azevém (Tabela 9). A maior aquisição de N, P e K nesses tratamentos (Tabela 12) poderia ter determinado aumento da taxa fotossintética, o que resultou em maior acúmulo de massa seca na parte aérea. Isso pode ser um indicativo da sensibilidade das plantas ao suprimento de nutrientes já nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Da mesma forma, a maior estatura das plantas de arroz no estágio V<sub>3</sub> (Tabela 10) no tratamento com cortes do azevém, simulando pastejo pode estar associada a maior disponibilidade de nutrientes (Tabela 12) No entanto, esse aumento da estatura foi acompanhado pelo aumento no acúmulo de massa seca (Tabela 9), demonstrando não haver estiolamento excessivo.

Já no tratamento em que a palha de azevém foi mantida em pé, o aumento na estatura das plantas (Tabela 10) sem o respectivo aumento no acúmulo de massa seca indica haver estiolamento de plantas de arroz (Tabela 9). A maior alocação de fotoassimilados para alongar a parte aérea pode reduzir o desenvolvimento de outras partes da planta como as raízes, podendo influenciar na absorção de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Em todos os três tipos de manejo da palha de azevém e no pousio a estatura de planta aumentou à medida que aumentou o nível de adubação (Tabela 10). Esse resultado reforça o argumento de aumento na absorção de nutrientes em plantas de arroz em estádios iniciais de desenvolvimento, em função da maior disponibilidade de nutrientes originada pela adubação realizada no segundo ano e a residual do ano anterior.

Diante dos aspectos discutidos, a hipótese de que a presença excessiva (mais de 3,0 Mg ha<sup>-1</sup>) de palha de azevém antecedendo o cultivo de arroz irrigado dificulta a

semeadura, o estabelecimento e o desenvolvimento inicial de plantas de arroz irrigado na época de semeadura preferencial (meados de setembro a 10 de novembro), em função do impedimento físico da palha de azevém e do acúmulo excessivo de água no solo, não pôde ser confirmada. Desta forma, nos dois anos do experimento, sob condições de precipitação distintas (Figura 3) a semeadura e o desenvolvimento inicial das plantas de arroz ocorreu na época preferencial. Contudo, é oportuno salientar que para propiciar a semeadura do arroz na época preferencial, que é um dos pré-requisitos para obtenção de altos rendimentos de grãos é fundamental a realização do preparo antecipado e a adequação da área, independentemente se o arroz é cultivado em sucessão ao azevém ou ao pousio.

### 3. Rendimento de grãos de arroz irrigado em sucessão ao azevém:

A terceira hipótese do trabalho consistiu em que o cultivo de arroz irrigado em sucessão ao azevém, adequadamente manejado, poderia ser uma estratégia eficiente para manter e/ou aumentar o rendimento de grãos de arroz irrigado em sucessão, principalmente em áreas em que o arroz é cultivado todos os anos.

Neste sentido, o rendimento de grãos de arroz obtido nos dois anos do experimento oscilou entre 6,0 e 10,7 Mg ha<sup>-1</sup>. Esse parâmetro foi influenciado apenas pelo nível de adubação aplicado no arroz em sucessão (Tabela 27). No primeiro ano, o rendimento de grãos aumentou até o nível de adubação para expectativa de resposta média, enquanto no segundo ano o rendimento aumentou até à aplicação da adubação para expectativa de resposta alta. Essa resposta diferencial entre anos foi devida, provavelmente, ao efeito da adubação residual do ano anterior e, também, à ocorrência de condições mais favoráveis de radiação solar incidente no dossel das plantas no segundo ano (Figura 1).

Embora no segundo ano as condições de radiação solar tenham sido mais favoráveis, observou-se que, nos tratamentos sem adubação, houve redução de 1,8 Mg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos em relação ao primeiro (Tabela 27). Esse decréscimo acentuado do rendimento demonstra que o cultivo contínuo de arroz sem adubação representa uma grande limitação à manutenção do rendimento de grãos.

A condição de cultivo de arroz em anos sucessivos, sem a devida reposição pela adubação, pode reduzir fertilidade do solo pela extração de nutrientes. Em conseqüência, pode-se obter baixos rendimento de grãos, o que inviabiliza técnica e economicamente o cultivo contínuo de arroz irrigado sob essas condições de baixa adubação.

Já quando o arroz foi cultivado com adubação para expectativa de resposta média, os rendimentos de grãos de arroz obtidos nos dois anos foram similares (Tabela 27). Isso demonstra que pelo menos durante o período de estudo, essa adubação foi suficiente para manter o rendimento de grãos, independentemente do uso da sucessão em tipos de manejo do azevém (Tabela 27). No entanto, para confirmar estes resultados seria fundamental a realização de experimentos de maior duração que poderiam confirmar ou não a manutenção do rendimento de grãos, assim como os benefícios do uso da sucessão com azevém para esse parâmetro.

Contudo, quando o arroz irrigado foi cultivado com aplicação de adubação para expectativa de resposta alta, o rendimento de grãos de arroz foi  $0,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  superior no segundo ano em relação ao primeiro (Tabela 27). Isto pode estar associado à maior absorção de nutrientes pela plantas, em função de sua maior disponibilidade proporcionado pela adição da adubação durante o desenvolvimento das plantas (Tabela 16 e 21). O maior rendimento pode também ser devido ao efeito residual da adubação do ano anterior, e pelas condições climáticas favoráveis, principalmente em relação à maior radiação solar incidente durante a maior parte do ciclo da cultura (Figura 1). Estes dois fatores são determinantes para aumentar a assimilação de N em função da grande dependência de fotoassimilados para fornecer energia e de compostos para incorporação desse nutriente nos tecidos das plantas (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000; STITT et al., 2001).

Em relação aos tipos de manejo do azevém, o maior valor numérico de rendimento de grãos de arroz foi obtido, nos dois anos do experimento, no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo (Tabela 27). Este resultado pode estar associado aos maiores valores numéricos obtidos para as quantidades acumuladas de massa seca e de nutrientes nos estádios  $V_8$  e  $R_4$  (Tabelas 13, 16, 17, 20 e 21), que poderiam ter contribuído para elevar o potencial produtivo da cultura. Os dados obtidos indicam que é possível manter e/ou aumentar o rendimento de grãos de arroz mesmo em cultivos contínuos, desde que se utilize sistemas de sucessão que intensifiquem a ciclagem de nutrientes. Há, porém, a necessidade de confirmação dessa tendência pela realização de experimentos de maior tempo de duração.

Dentre os componentes do rendimento de grãos, o número de panículas por metro quadrado foi o que apresentou maior correlação com o rendimento de grãos de arroz ( $r=0,80$ ). No primeiro ano, o número de panículas não variou em função de tipos de manejo da palha de azevém e ao pousio (Tabela 22). Esse resultado pode estar

associado à maior densidade inicial de plantas no estágio  $V_3$  (Tabela 8), visto que houve pouca variação no número de perfilhos de plantas de arroz no estágio  $V_8$  (Tabela 14). Por outro lado, a menor radiação solar incidente no período de florescimento no primeiro ano (Figura 1) pode ter limitado o aumento do número de panículas. Dessa maneira o incremento nesse parâmetro ocorreu até o nível de adubação para expectativa de resposta média no arroz (Tabela 22).

Contudo, no segundo ano, o número de panículas por metro quadrado de arroz foi maior no pousio e no tratamento com cortes do azevém, simulando o pastejo, em relação aos outros dois tipos de manejo do azevém (Tabela 22). Esse resultado pode estar associado à maior densidade inicial obtida no estágio  $V_3$  de plantas de arroz (Tabela 8) e, também, aos maiores acúmulos de N, P e K nas plantas de arroz no estágio  $V_8$  verificados nesse tratamento (Tabela 16). À medida que aumentou o nível de adubação no arroz, aumentou o número de panículas por metro quadrado (Tabela 22). Isso se deveu à maior disponibilidade de nutrientes com o incremento da adubação e à incidência de maior radiação solar incidente ocorrida até o estágio  $R_4$  (Figura 1). A associação destes fatores pode ter aumentado a atividade fotossintética, resultando em maior número de panículas por metro quadrado.

Nesse contexto, considerando os aspectos discutidos, a hipótese de que o cultivo de arroz irrigado em sucessão ao azevém, quando adequadamente manejado, pode ser uma estratégia eficiente para manter e/ou aumentar o rendimento de grãos, principalmente em áreas sob cultivo contínuo de arroz irrigado, pôde ser confirmada com a manutenção dos rendimentos obtidos no cultivo em sucessão ao pousio e aos três tipos de manejo da palha de azevém.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e considerando as condições locais em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

O manejo da parte aérea do azevém, com cortes periódicos, simulando o pastejo, intensifica a ciclagem de nutrientes, embora não refletido no rendimento de grãos de arroz irrigado, em relação ao manejo com azevém mantido em pé ou rolado.

Sob condições de adequação da área de cultivo, o manejo do azevém com cortes da planta, simulando pastejo, e dessecado com antecedência mínima de 21 dias da semeadura, melhora o estabelecimento e o desenvolvimento das plantas de arroz em relação ao manejo com azevém mantido em pé ou rolado.

O cultivo de arroz irrigado em sucessão ao pousio favorece o estabelecimento da lavoura e o desenvolvimento inicial das plantas em relação à presença de azevém como planta de cobertura do solo.

Sem adubação na cultura do arroz irrigado, o cultivo contínuo durante dois anos é prejudicial para a manutenção do rendimento de grãos. A aplicação de adubação no arroz irrigado possibilita o incremento no rendimento de grãos, desde que, haja a ocorrência de condições climáticas e de manejo favoráveis para o desenvolvimento das plantas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISCOTT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, Dordrechster, v. 46, p. 161-168, 1992.

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

AITA, C. & GIACOMINE S. J. Decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AITA, C. et al. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: FERTIBIO, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: FERTIBIO, 2000. 1 CD-ROM.

AMADO, T. J. C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, v. 1, p. 179-189, 2002.

AMADO, T. J. C. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1085-1096, 2003.

AMTMANN, A. & BLATT, M. R. Regulation of macronutrient transport: a review. **New Phytologist**, Glasgow, v. 81, p. 35-52, 2008.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P. 874-919.

ANGHINONI, I. Recentes avanços e desafios na adubação para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009.

ANGHINONI, I. & GENRO JUNIOR, S. A. O potássio na cultura do arroz irrigado. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (Eds.) **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS, 2005. P. 405-424.

ANGUINONI, I.; MEURER, E. J. **Eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes**. In: FERNANDES, M.F.; TAVARES, E.D.; LEAL, M. L. S. (Eds.). Workshop sobre sistema radicular: metodologia e estudos de casos. Aracajú: EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros, 1999. P. 57-87.

BACHA, R.E. Princípios básicos para a adubação do arroz irrigado. In: **Arroz Irrigado sistema pré-germinado**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. P. 71-100.

BAGGIO, C. et al. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém-anual e aveia-preta manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 215-222, 2009.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability – a mechanistic approach**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414 p.

BAYER, C. et al. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 599-607, 2000.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BAYER, C. et al. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.91, p.217-226, 2006.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344 p.

BLAIR, G. J. et al. Development and use of a carbon management index to monitor changes in soil C pool size and turnover rate. In: GADISCH, G.; GILLER, K. E. (Eds.) **Drive by nature-plant litter quality and decomposition**. London: CAB International, 1997. P. 273-281.

BOENI, M. et al. **Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha, RS: IRGA/Estação Experimental do Arroz, 2010. 38 p.

BOHNEN, H. et al. Ácidos orgânicos na solução de um gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.475-480, 2005.

BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BUCHANAN, B. B. et al. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.

CAMARGO, F.A.O. et al. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1011-1018, 1993.

CAMARGO, F.A.O. et al. Incorporação de palha de arroz em um gleissolo e efeitos no rendimento da cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 983-987, 1995.

CAMARGO, F.A.O. et al. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 523-529, 2001.

CARGNELUTTI, A. et al. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1157-1166, 2004

CARVALHO, P. C. F. et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: PRODUÇÃO ANIMAL: MITOS, PESQUISA E ADOÇÃO DE TECNOLOGIA, 2005, Canoas. **Anais... Canoas: 2005**. v. 1, p. 7-44.

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CERRI, C. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo no agrossistema cana-de-açúcar**. 1996. 197 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 139 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONTE, O. **Atributos físicos de solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Qualidade industrial e teores de nutrientes dos grãos do arroz de terras altas sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 409-415, 2003.

CRUZ, L. E. C. et al. Dinâmica da decomposição e liberação de N de resíduos culturais por meio de indicadores químicos em ambientes de terras baixas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 669-672, 2007.

D'AGOSTINI, L. R. Noção de sistema: (re)emergindo fértil em solos, fertilidade do solo (re)emergindo sistêmica. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006. Passo Fundo. **Palestras...** Passo Fundo: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2006. 1 CD-ROM.

DALLING, M.J. The physiological basis of nitrogen redistribution during filling in cereals. p. 55–71. In J.E. Harper et al. (ed.) **Exploitation of physiological and genetic variability to enhance crop productivity**. Am. Soc. of Plant Physiologists, Rockville, MD. 1985.

DE BONA, F. D. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DERPSCH, R. et al. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, 20, n.7, p.761-773, 1985.

DORAN, J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 35, n. especial, 244 p., 1994.

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Palestras...** Rio de Janeiro: SBSC, 1997. 1 CD-ROM.

DUY, P.Q. et al. Analysis of the dry matter production process related to yield and yield components of rice plants grown under the practice of nitrogen-free basal dressing accompanied with sparse planting density. **Plant Production Science**, Tokyo, v.7, n.2, p. 155-164, 2004.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: John Wiley, 1972, 412 p.

FLECK, G. N. et al. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 04, p. 635-640, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **State of foods and agriculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/download/i2050e.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

FORTES, M. de A. et al. Toxidez por ácido acético em arroz sob diferentes valores de solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1581-1588, 2008.

FREITAS, T. F. S. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GENRO JUNIOR, S. A. et al. Resposta do arroz irrigado a adubação potássica em função da capacidade de troca de cátions do solo. In: V Congresso Brasileiro de Arroz

Irrigado, 5; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2007. 1 CD-ROM.

GENRO JUNIOR, S. A. et al. Arroz irrigado em rotação e sucessão a espécies de cobertura de solo. In: VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOSBAI, 2009. 1 CD-ROM

GOMES, A.S. & PAULETTO E.A. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 201 p.

HOEDGES, T.K. Íon absorption by plant roots. **Advances in Agronomy**. Indiana, v. 25, p.163-207, 1973.

IBGE. **Indicadores agropecuários**: produção agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuários/ispa>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. In: SMITH, P.; MARTINO, D. (Eds.). **Contribution on working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: University Press, 2007. P. 498-540.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acessado em: 15 mar. 2011.

JANDREY, D. **Dose de N em cobertura no arroz irrigado em sucessão a espécies de inverno**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

JOHNSON, S.E., et al. Faster anaerobic decomposition of a brittle straw rice mutant: Implications for residue management. **Soil Biology & Biochemistry**, Filipinas, v. 38, p 1880–1892, 2006.

KARLEN, D. L. et al. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 4-10, 1997.

KATSURA, K.; MAEDA, S.; HORIE, T.; SHIRAIWA, T. Analysis of yield attributes and crop physiological traits of Liangyoupeijiu, a hybrid rice recently bred in China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 103, p. 170–177, 2007.

KONGCHUM, M. **Effect of plant residue and water management practices on soil redox chemistry, methane emission, and rice productivity**. 2005. 189 f. Tese (Doutorado) – Department of Agronomy e Environmental Management, Louisiana State University, Louisiana, 2005.

KOUTROUBAS, S.D. & NTANOS, D.A. Genotype differences for grain yield and nitrogen utilization in indica and japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 83, p. 251–260, 2003.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. **Soil & Tillage Research**, Columbus, v. 43, p. 81-107, 1997.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, Columbus, v.123, n.1-2, p.1-22, 2004.

LI, G. et al. Allelopathic effects of decaying Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) residues on rice. **Allelopathy Journal**, Haryana, v. 22, p. 2-10, 2008.

MARY, B. et al. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 181, n. 1, p. 71-82, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MENEZES, V. G. et al. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1107-1115, 2001.

MENEZES, V. G.; MUSSOI, V. R.; ANGHINONI, I. **Projeto 10**: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Cachoeirinha, RS: IRGA/Estação Experimental do Arroz, 2004. 32 p.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo do solo e de culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio no solo. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. S.; ALVAREZ, V. H. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2003. P. 209-278.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato- POTAFOS, 2005. P. 165-178.

MIKKELSEN, D.S. Nitrogen budgets in flooded soils used for rice production. **Plant Soil**, Crowley, v. 100, p. 71-97, 1987.

MONEGAT, C. Culturas de cobertura e rotação de culturas em sistema de plantio direto. In: 9º Encontro de plantio direto na palha, 2004. Chapecó. **Anais...** Chapecó: FEBRAPDP, 2004.

MORAES, A. et al. Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: 2002.

NELSON, D. W. & SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D. L.; PAGA, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMMERS, M. E. (Eds.) **Methods of soil analysis**: Chemical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1996. Part 3, p. 961-1010.

NI, H. et al. *Oryza sativa* plants traits conferring competitive ability against weeds. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 2, p. 200-204, 2000.

NICOLODI, M. **Evolução da noção da fertilidade e sua percepção como uma propriedade emergente do sistema solo**. 2007. 140 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NICOLODI, M. et al. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2735-2744, 2008.

NICOLOSO, R. da S. et al. Nabo forrageiro: alternativa de ciclagem de nutrientes e escarificação biológica do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 1, n. 104, p.28-33, 2008.

ODUM, E. P. **Basi di ecologia**. Padova: Piccin Nuova Libreria, 1988. 544 p.

OLIVEIRA, E. Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: 2002.

OLK, D.C., SAMSOM, M.I., GAPAS, P.. Inhibition of nitrogen mineralization in young humic fractions by anaerobic decomposition of rice crop residues. **European Journal of Soil Science**, Filipinas, n. 58 p. 270–281, 2007.

PANIGATTI, J. L. Las rotaciones agrícolas com pastura em la pampa húmeda de Argentina. **Revista INIA de Investigaciones Agronômicas**, Montevidéo, v. 1, n. 2, p. 215-225, 1992.

PETEAN, L. P. et al. Altura de pastejo de aveia e azevém e qualidade física de um latossolo vermelho distroférico sob intergração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 1009-1016, 2009.

PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

PINTO E. G. et al. Rendimento do arroz e manejo da irrigação e da palha de azevém no sistema mix de pré-germinado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 227-231, 2003.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1977. 289 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Cereais de inverno. In: VALE, F. S. R.; ZAMBOLIM, L. (Eds). **Controle de doenças de plantas: Grandes culturas**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997, P. 231-289.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos químicos do solo pela calagem superficial e

incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

RICE, C. & REED, D. **Soil carbon sequestration and greenhouse gas mitigation: a role for american agriculture**. Kansas: Kansas State University, 2007. 35 p.

ROCHA, L. M. **Altura de manejo do pasto e suas conseqüências sobre a produção animal e a dinâmica de pastagens anuais de inverno**. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Forrageiras) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SÁ, J.C.M. de. **Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S. R. S. (Eds.) **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato- POTAFOS, 2004. P. 201-222.

SALTON, J. C. **Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo**. 1991. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

SANTI, A. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 6, 1075-1083, 2003.

SERPA, M. da S. et al. Estratégias de manejo da palha de azevém para cultivo de arroz irrigado em sucessão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2009. 1 CD ROM.

SILVA, A. G. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2092-2098, 2010.

SILVA, P.R.F. et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.1011-1020, 2006.

SMITH JUNIOR, R.J. Red rice control. **Agribusiness Worldwide**, New York, p.18-23, 1992.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2007. 204 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188 p.

SOUSA, R.O. & BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, p. 231-235, 2002.

STRECK, E.V.; KAMPF, N. & DALMOLIN, R.C.D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER RS, 2008. 222 p.

STROBEL, B. W. Influence of vegetation on low-molecular-weight carboxylic acids in soil solution – a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 99, p. 169-198, 2001.

SWAROWSKY, A. et al. Manejo da palha de azevém, da adubação de base e da água de drenagem na produção de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.393-397, 2004.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

TISDALL, J. M. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Eds.) **Structure and organic matter stability storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press, 1996. P. 57-96.

VARGAS, L.K. et al. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VICTORIA, R.L. et al. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N. et al. (Coord). Microbiologia do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas: 1992. p. 105-120.

VIEIRA, V. M. et al. Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém como cobertura de solo de inverno. In: VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2009. 1 CD ROM.

VIEIRA, V. M. **Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ZSCHORNACK, T. et al. Fluxos de óxido nitroso e de metano em solo de várzea afetados pela adição de resíduos de leguminosa. In: VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2009. 1 CD ROM.

WANG, Q.; ZHANG, Q.; FAN, D.; LU, C. Photosynthetic light and CO<sub>2</sub> utilization and C4 traits of two novel super-rice hybrids. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.163, p. 529–537, 2006.

WASSMAN, R.; NEUE, H. U.; LANTIN, R. S.; JAVELLANA M. J.; DIEGO, R., LIGNES, V. E.; HOFFMANN, H., PAPEN, H. Methane emissions from rainfed rice. In: WASSMAN, R. (Coord). **Fragile lives in fragile ecosystems**. Philippines: International Rice Research Institute, 1995. P. 217-225.

YUAN, L. P. & VIRMANI, S. S. Status of hybrid rice research and development. In: HYBRID RICE PROC. INT. SYMP. ON HYBRID RICE, 1988, Changsha, China. **Anais...** Changsha, China: International Rice Research Institute, 1988.

## **8 APÊNDICES**

APÊNDICE 1. Resumo da análise de variância das características avaliadas na cultura do azevém. Cachoeirinha, RS. 2009.

Parâmetros	Causas de variação		CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	
	-----Grau de liberdade-----		
	2	3	
	-----Quadrados médios-----		
Rendimento de MS	687174.25ns	7668003.22**	18,4
Teor de N na parte aérea	0.09317500ns	0.53371944ns	18,2
Teor de P na parte aérea	0.00103333ns	0.03243167**	14,2
Teor de K na parte aérea	0.05540833ns	1.99082222**	18,4
Relação C:N na parte aérea	16.7804708ns	56.3721861ns	21,1
Quantidade acumulada de N na parte aérea	631.48343ns	4313.27526**	24,1
Quantidade acumulada de P na parte aérea	7.3348583ns	93.2118222**	18,2
Quantidade acumulada de K na parte aérea	99.589525ns	2486.953697**	14,2

ns: não significativo <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 2. Resumo da análise de variância das características avaliadas na cultura do azevém. Cachoeirinha, RS. 2010.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Níveis de adubação	Tipos de manejo cobertura*Níveis de adubação	
	-----Grau de liberdade-----				
	2	3	2	6	
	-----Quadrados médios-----				
Rendimento de MS	192081.000ns	4701351.444ns	252435.444ns	452146.556	26,0
Teor de N na parte aérea	0.00184815ns	0.16054815ns	0.05450370ns	0.40669815ns	18,3
Teor de P na parte aérea	0.00741667**	0.06554222**	0.00039365ns	0.00201319ns	12,3
Teor de K na parte aérea	0.14533333*	2.10255556**	0.05626984ns	0.04861111ns	9,8
Relação C:N na parte aérea	2.03054444ns	15.30310000ns	9.02463333ns	8.77756667ns	8,2
Quantidade acumulada de N na parte aérea	27.031771ns	1992.474624**	27.406464ns	267.554158ns	21,3
Quantidade acumulada de P na parte aérea	4.6860122ns	164.5938315**	1.5659395ns	3.9423248ns	29,7
Quantidade acumulada de K na parte aérea	252.59869ns	6899.74089**	35.10683ns	88.28202ns	29,4

ns: não significativo <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 3. Resumo da análise de variância e análise de regressão do teor remanescente de N, P e K nos sacos de decomposição de resíduos da parte aérea de azevém. Cachoeirinha, RS. 2010.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Tempo de liberação dos nutrientes (dias)	Tipos de manejo da cobertura* Tempo de liberação(dias)	
-----Grau de liberdade-----					
	2	2	7	14	
-----Quadrados médios-----					
Teor remanescente de N nos sacos de decomposição	0.07182176 ns	0.03260020 ns	0.40680844**	0.00974211ns	18,5
Teor remanescente de P nos sacos de decomposição	0.00042844 ns	0.00535966**	0.00556395**	0.00025507ns	12,4
Teor remanescente de K nos sacos de decomposição	0.01526112 ns	0.00655686 ns	1.16103008**	0.00579230ns	16,0
-----Análise de regressão – padrão exponencial decrescente-----					
Causas de variação					
	Azevém cortado, simulando pastejo	Palha de azevém	Palha de azevém rolada		
-----Grau de liberdade-----					
	1	1	1		
-----Quadrados médios-----					
Teor remanescente de N nos sacos de decomposição	0,4541**	0,4014**	0,3962**		
Teor remanescente de P nos sacos de decomposição	0,0054**	0,0043**	0,0047**		
Teor remanescente de K nos sacos de decomposição	1,0096**	0,8851**	0,9068**		

ns: não significativo <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 4. Resumo da análise de variância do teor de água no solo. Cachoeirinha, RS. 2010.

Parâmetros	Causas de variação			CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Tempo após a dessecação (dias)	
-----Grau de liberdade-----				
	2	3	8	
-----Quadrados médios-----				
Teor de água no solo	4139.94385**	1884.98417**	9583.20929**	11,0

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 5. Resumo da análise de variância das características avaliadas na cultura do arroz irrigado. Cachoeirinha, RS. 2009/10.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Níveis de adubação	Tipos de manejo cobertura*Níveis de adubação	
	-----Grau de liberdade-----				
	2	3	2	6	
	-----Quadrados médios-----				
Densidade inicial de plantas em V <sub>3</sub>	15262.3333ns	5152.3333ns	3446.0833ns	2389.41667ns	16,9
Rendimento MS em V <sub>3</sub>	57757.000ns	55493.741ns	12913.000ns	80943.074ns	23,4
Número de perfilhos por planta em V <sub>8</sub>	0.06816358ns	0.35311404*	0.95418210**	0.20613215 ns	11,5
Rendimento MS em R <sub>4</sub>	3380400.00ns	1769170.37ns	12941200.00ns	6320637.04ns	14,8
Teor de N parte aérea em R <sub>4</sub>	0.00863440ns	0.00810233ns	0.01292269ns	0.01081205ns	14,9
Teor de P parte aérea em R <sub>4</sub>	0.01438611ns	0.00137407ns	0.00410278ns	0.00535463ns	10,9
Teor de K parte aérea em R <sub>4</sub>	0.39527778ns	0.05962963ns	0.02777778ns	0.33296296ns	14,1
Quantidade acumulada N em R <sub>4</sub>	77.230029ns	131.114545ns	677.217959ns	350.118214ns	9,1
Quantidade acumulada P em R <sub>4</sub>	101.2130194ns	23.0031630	194.4948861	137.0041713ns	18,3
Quantidade acumulada K em R <sub>4</sub>	2741.45920ns	691.18985ns	5446.09493ns	5614.42394ns	20,4
Rendimento de grãos	480247.444ns	1111446.102ns	3371116.194**	303317.935ns	7,2
Número de panículas m <sup>-2</sup>	8452.08333ns	6571.65741ns	31459.75000**	1571.15741ns	9,9
Número de grãos por panícula	80.2430556ns	47.5536062ns	43.0208333ns	107.9484428ns	11,2
Peso do grão	0.49421630ns	0.32324227ns	0.26777644ns	0.54639829ns	2,0
Índice de colheita aparente	0.00924740ns	0.00588849ns	0.06303048ns	0.02615849ns	34,2
Esterilidade de espiguetas	18.81823071ns	24.52975843ns	40.45246775ns	7.34806873ns	43,3
Teor de proteína nos grãos	0.26805556ns	5.18734125ns	2.33526222ns	1.71882063 ns	16,5
Rendimento do grão	5.05011044ns	3.33821349ns	3.66639094ns	2.01931844ns	2,0

ns: não significativo. <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação.

\*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade.

Correlação de Pearson: R=0,72 (p<0,0088)

Rendimento de grãos\*número de panículas por metro quadrado

APÊNDICE 6. Resumo da análise de variância das características avaliadas na cultura do arroz irrigado. Cachoeirinha, RS. 2010/11.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Níveis de adubação	Tipos de manejo cobertura*Níveis de adubação	
	-----Grau de liberdade-----				
	2	3	2	6	
	-----Quadrados médios-----				
Índice de velocidade de emergência	44.09342ns	128.8816963**	147.6519083**	5.4019046ns	38,4
Densidade inicial de plantas em V <sub>3</sub>	7.65634ns	17290.06782**	3846.78514ns	2258.93314ns	18,4
Rendimento MS em V <sub>3</sub>	1793.5716ns	1081.1903.54**	1348.8637.77**	1105.437595**	22,4
Estatura de plantas em V <sub>3</sub>	322.6858ns	1046.468426**	2400.622500**	213.123981ns	8,9
Teor de N na parte aérea em V <sub>3</sub>	0.176422ns	0.78698156ns	0.41468564ns	0.08202674ns	26,3
Teor de P na parte aérea em V <sub>3</sub>	0.004386ns	0.00424255ns	0.06735764**	0.00879634**	9,9
Teor de K na parte aérea em V <sub>3</sub>	0.009122ns	0.26394033**	0.34722222**	0.15766204**	7,2
Quantidade acumulada de N em V <sub>3</sub>	1.714008ns	1.04650741ns	1.98502500*	2.01412130*	36,7
Quantidade acumulada de P em V <sub>3</sub>	0.030122**	0.01221969ns	0.04225961**	0.02056790**	25,5
Quantidade acumulada de K em V <sub>3</sub>	0.869853**	0.34825028*	0.79748336**	0.59926156**	20,5
Número de perfilhos por planta em V <sub>8</sub>	1.521128ns	0.36693113ns	22.92092222**	2.59537662ns	24,6
Rendimento de MS na parte aérea em V <sub>8</sub>	1.102395**	0.24714230ns	7.64627654**	0.20968485ns	14,1
Teor de N na parte aérea em V <sub>8</sub>	0.043443ns	0.03695804ns	0.67160972ns	0.06144482ns	15,9
Teor de P na parte aérea em V <sub>8</sub>	0.008423*	0.01948869**	0.01185455*	0.00240629ns	11,7
Teor de K na parte aérea em V <sub>8</sub>	0.809714ns	0.70912281ns	1.81693673ns	0.09776726ns	22,4
Quantidade acumulada de N em V <sub>8</sub>	349.0553*	237.346715*	4305.335665**	72.973233ns	19,5
Quantidade acumulada de P em V <sub>8</sub>	16.32158**	18.6819187**	153.3533485**	5.3903781*	17,2
Quantidade acumulada de K em V <sub>8</sub>	2579.696**	936.03892*	8572.01483**	155.14554ns	28,4
Rendimento de MS de parte aérea em R <sub>4</sub>	18348088.*	6538361.9ns	69923200.0**	1403662.2ns	16,3
Teor de N na parte aérea em R <sub>4</sub>	0.0072080ns	0.03843651ns	0.07103796ns	0.01464241ns	14,4
Teor de P na parte aérea em R <sub>4</sub>	0.0018694ns	0.00115926ns	0.00188611ns	0.00253426ns	10,9

continuação APÊNDICE 6. Resumo da análise de variância das características avaliadas na cultura do arroz irrigado. Cachoeirinha, RS. 2010/11.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Níveis de adubação	Tipos de manejo cobertura*Níveis de adubação	
	-----Grau de liberdade-----				
	2	3	2	6	
	-----Quadrados médios-----				
Teor de K parte aérea em R <sub>4</sub>	0.0914098ns	0.01229923ns	0.04597523ns	0.05165880ns	10,4
Quantidade acumulada N em R <sub>4</sub>	2056.82816*	765.20528ns	10066.83904**	338.53518ns	21,7
Quantidade acumulada P em R <sub>4</sub>	68.881944	134.758889*	728.653611**	38.303611ns	20,3
Quantidade acumulada K em R <sub>4</sub>	1143.774ns	2317.34818*	16521.56565**	759.03561ns	19,6
Rendimento de grãos	279303.25ns	1446632.99ns	40705058.25**	366617.88ns	11,1
Número de panículas m <sup>-2</sup>	749.4502ns	19622.4020*	66534.3198**	5912.3585ns	11,2
Número de grãos por panícula	110.77777ns	286.546293ns	44.1944444ns	73.2685185na	16,6
Peso do grão	0.100352ns	0.29322500ns	0.81088611ns	0.11936389ns	1,5
Índice de colheita aparente	0.000225ns	0.00058519ns	0.00063333ns	0.00036296ns	5,0
Esterilidade de espiguetas	48.318002ns	24.42272870ns	45.08054444ns	14.94043704ns	47,6
Rendimento do grão	14.520060ns	8.25048822ns	0.96636218ns	5.85452932ns	2,6

ns: não significativo. <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade. \*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade.

Rendimento de grãos\*número de panículas por metro quadrado Correlação de Pearson: R=0,81 (p<0,0016)

APÊNDICE 7. Resumo da análise de variância do teor de argila e atributos químicos do solo. Cachoeirinha, RS. 2010/11.

Parâmetros	Causas de variação				CV <sup>1</sup> (%)
	Bloco	Tipos de manejo da cobertura	Níveis de adubação	Tipos de manejo cobertura*Níveis de adubação	
	-----Grau de liberdade-----				
	2	3	2	6	
	-----Quadrados médios-----				
Teor de argila	11.69444444ns	11.80555556ns	2.52777778ns	7.86111111ns	12,5
pH em H <sub>2</sub> O	0.04777778ns	0.00694444ns	0.03527778ns	0.00083333ns	2,0
CTC efetiva	0.95083333ns	0.08324074ns	0.06583333ns	0.05990741ns	10,6
Teor de matéria orgânica	0.72583333ns	0.23444444ns	0.10083333ns	0.24416667ns	21,8
Teor de P	19.3336111ns	1.5736111ns	26.9302778ns	6.6347222ns	25,5
Teor de K	19.5277778ns	3.1388889ns	52.6944444ns	1.5833333ns	18,6

ns: não significativo. <sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. \*\*Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade. \*Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade.

## 9 VITA

Darlan Rodrigo Marchesi, filho de Valdir Domingos Marchesi (*in memória*) e Marilene Zago Marchesi, nasceu em 08 de julho de 1973, em Lindóia do Sul, Santa Catarina, Brasil.

Concluiu o Ensino Médio na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, SC. Em janeiro de 1991 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina, onde desenvolveu atividades de monitoria por dois anos no Departamento de Engenharia sob orientação do professor Silvio Luis Rafael Neto.

Graduou-se Engenheiro Agrônomo em julho de 1995 e atuou como extensionista rural na Cooperativa Rural Vêneto Ltda, na Agroavícola Vêneto Ltda, e desde 2004 até atualmente na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), sediado em Criciúma, SC.

Ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia da UFRGS, em março de 2009, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.