

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

**DOSE DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ IRRIGADO
EM SUCESSÃO A ESPÉCIES DE INVERNO**

Douglas Batista Jandrey
Engenheiro Agrônomo/ UFRGS

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

Porto Alegre (RS), Brasil
Dezembro de 2008

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, Zenaide e Egon,
pelo exemplo de vida e pelo apoio
dado à minha formação. A Daiani,
parceira de todos momentos, pelo
carinho e companheirismo.**

AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Regis Ferreira da Silva, amigo e orientador exemplar durante o curso de Graduação e Pós-Graduação, pela dedicação, motivação e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica Leonardo Maass, Michael da Silva Serpa, Paulo César Endrigo, Cristhiano Gehlen e à colega Vladirene Macedo Vieira, pelo auxílio na realização do trabalho e pela dedicação.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz, pela parceria na realização deste trabalho, em especial aos Engenheiros Agrônomos Rodrigo Schoenfeld, Daniel Santos Grohs, Carlos Mariot, Silvio Genro, Valmir Menezes e Ibanor Anghinoni.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, em especial à professora Carla A. Delatorre pelos preciosos ensinamentos.

Ao CNPq, pelas bolsas de estudo e pelo apoio financeiro à realização da pesquisa.

DOSE DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO A ESPÉCIES DE INVERNO¹

Autor: Douglas Batista Jandrey
Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva

RESUMO

O conhecimento da resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada em sucessão a coberturas de solo no inverno é importante para se obter maior eficiência de uso dos recursos do ambiente e se aumentar a sustentabilidade da atividade orizícola em áreas de várzea. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada em cobertura, em sucessão a quatro sistemas de coberturas de solo no inverno. O experimento foi conduzido na estação de crescimento 2007/2008, em Cachoeirinha, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Os tratamentos constaram da aplicação de quatro doses de nitrogênio (N) em cobertura (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹) no arroz irrigado cultivado em sucessão a quatro coberturas de solo no inverno: azevém (*Lolium multiflorum*), cornichão (*Lotus corniculatus*), serradela nativa (*Ornithopus micranthus*) e pousio. As coberturas de solo no inverno não afetaram o desempenho agrônômico do arroz cultivado em sucessão em nenhum dos parâmetros avaliados. Houve apenas efeito simples de doses de adubação nitrogenada aplicada no arroz para a maioria das características avaliadas. O rendimento de grãos aumentou de forma quadrática com o incremento da adubação nitrogenada com ganhos chegando a 3,0 t ha⁻¹ com a aplicação da dose de 210 kg ha⁻¹ de N em cobertura em relação ao tratamento sem aplicação de N. Essa resposta está associada aos incrementos do número de grãos por panícula, ao rendimento de matéria seca da parte aérea e às quantidades de macronutrientes acumuladas na parte aérea da planta. A aplicação de N contribui para melhoria da qualidade nutricional dos grãos de arroz, expressa em termos de teor de proteína, e aumenta a receita do orizicultor, pelo aumento do rendimento de grãos inteiros.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (65p.) Dezembro, 2008.

NITROGEN SIDE-DRESS RATE IN FLOODED RICE IN SUCCESSION TO WINTER SPECIES¹

Author: Douglas Batista Jandrey
Adviser: Paulo Regis Ferreira da Silva

ABSTRACT

The knowledge of the response of rice to nitrogen fertilization in succession to cover crops of soil in winter is important to achieve higher efficiency use of environmental resources and to increase the sustainability of lowland rice activity. The aim of this study was to evaluate the response of rice to nitrogen fertilization in succession to four cover crops of soil in winter. The experiment was conducted during the growing season 2007/2008, in the ecoclimatic region of Depressao Central of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. The treatments consisted of four nitrogen (N) rates (0, 70, 140, and 210 kg ha⁻¹) in rice grown in succession to four winter cover crops: rye grass (*Lolium multiflorum*), birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), "serradela nativa" (*Ornithopus micranthus*) and fallow. The winter cover crops do not affect the agronomic performance of rice grown in succession in any of the parameters measured. There was only the main effect of nitrogen rate in rice for most evaluated characteristics. Grain yield showed a quadratic response to the increase of the nitrogen fertilization rate reaching increments of 3,0 t ha⁻¹ with the application of the 210 kg ha⁻¹ of N in relation to the treatment without N. This response is associated to the increase in the number of grains per panicle, to shoot dry matter yield and to the amounts of macronutrients accumulated in plant shoots. N application contributes to improve nutritional quality of rice, expressed in terms of protein content, and to increases the income of the rice farmer by the increase of the yield of undamaged grains.

¹Master of Science Dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (65p.)
Dezember, 2008.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Sistemas de sucessão de culturas e a sustentabilidade do cultivo de arroz irrigado em área de várzea.....	4
2.2 Fatores limitantes ao uso de sistemas de sucessão de culturas em áreas de várzea.....	9
2.3 Objetivos.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Local de execução.....	14
3.2 Tratamento e delineamento experimental.....	15
3.3 Procedimento experimental.....	15
3.4 Parâmetros Avaliados.....	18
3.4.1 Nas coberturas de solo no inverno.....	18
3.4.1.1 Rendimento de matéria seca da parte aérea.....	18
3.4.1.2 Teor de N no tecido vegetal.....	18
3.4.1.3 Quantidade de N acumulado na parte aérea	18
3.4.2 Na cultura do arroz.....	19
3.4.2.1 Densidade inicial de plantas.....	19
3.4.2.2 Número de perfilhos por planta.....	19
3.4.2.3 Rendimento de matéria seca, teor e quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea da planta.....	19
3.4.2.4 Rendimento de grãos.....	20
3.4.2.5 Componentes do rendimento.....	20
3.4.2.6 Eficiência agronômica do N aplicado (EAN.....	21

SUMÁRIO (continuação)

3.4.2.7 Qualidade de grãos.....	21
3.4.2.7.1 Rendimento de grãos inteiros.....	21
3.4.2.7.2 Teor de proteína nos grãos polidos.....	22
3.5 Análise estatística.....	22
4. RESULTADOS.....	23
4.1 Coberturas de solo no inverno.....	23
4.2 Parâmetros avaliados no arroz irrigado.....	24
4.2.1 Densidade inicial de plantas.....	24
4.2.2 Número de perfilhos por planta.....	24
4.2.3 Rendimento de matéria seca, teor e quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea da planta.....	25
4.2.4 Rendimento de grãos.....	32
4.2.5 Componentes do rendimento de grãos.....	33
4.2.5.1 Panículas por metro quadrado.....	33
4.2.5.2 Número de grãos por panícula.....	34
4.2.5.3 Peso do grão.....	35
4.2.5.4 Esterilidade de espiguetas.....	36
4.2.6 Eficiência agronômica do N aplicado (EAN).....	37
4.2.7 Qualidade de grãos.....	38
4.2.7.1 Rendimento de grãos inteiros.....	38
4.2.7.2 Teor de proteína nos grãos.....	39
5. DISCUSSÃO.....	41
6. CONCLUSÕES.....	52
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
8. APÊNDICE.....	59
9. VITA.....	65

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Rendimento de matéria seca, teor de nitrogênio (N) e quantidade de N acumulado por hectare na parte aérea das espécies de cobertura de solo no inverno por ocasião das suas épocas de dessecação.....	23
2. Densidade inicial de plântulas de arroz em função da cobertura de solo no inverno.....	24

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	25
2. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea de arroz irrigado no estágio V ₁₀ em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	26
3. Teor de N na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V10 em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	27
4. Teor de Mg na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V10 em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	27
5. Quantidade de macronutrientes acumulada por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V10 em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	28

RELAÇÃO DE FIGURAS (continuação)

	Página
6. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea de arroz irrigado no florescimento em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	29
7. Quantidade de macronutrientes acumulada por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado no florescimento em função de doses de adubação nitrogenada, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	30
8. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	31
9. Quantidade de nitrogênio (N) acumulado por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	32
10. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	33
11. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	34
12. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	35

RELAÇÃO DE FIGURAS (continuação)

Página

13. Peso do grão de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	36
14. Esterilidade de espiguetas de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	37
15. Eficiência agrônômica do nitrogênio aplicado (EAN), em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	38
16. Rendimento de grãos inteiros de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	39
17. Teor de proteína nos grãos arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno.....	40

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importantes para a alimentação humana, fornecendo 20% das calorias consumidas, enquanto o trigo fornece 19% e o milho 5% (FAO, 2004). No Brasil, em termos de área plantada, é a terceira cultura mais cultivada ficando atrás da soja e do milho (IBGE, 2008). O Estado do Rio Grande do sul, responsável por 60% da produção nacional, obteve produtividade média de 7,0 t ha⁻¹ na última safra, a maior do país (CONAB, 2008a).

Na maioria das regiões orizícolas do Estado, os solos de várzea são explorados, basicamente, com o cultivo de arroz irrigado e pecuária de corte, aproveitando-se a resteva do arroz e a pastagem nativa em intervalos de pousio de dois, três ou mais anos. Dos 5,5 milhões de hectares de várzea do Estado, em torno de três milhões vêm sendo cultivados com arroz irrigado, dos quais, aproximadamente um milhão é utilizado anualmente e o restante permanece em pousio, sendo subutilizado com pecuária de corte extensiva.

No atual sistema de produção de grãos, as demandas técnicas e sócio-econômicas têm aumentado a necessidade de intensificação de uso dos recursos de produção, sem perder de vista o impacto no ambiente. Em algumas áreas produtoras de arroz, tem-se observado uma estagnação nos rendimentos de grãos obtidos, mesmo com a adoção de cultivares com alto potencial produtivo e altos níveis tecnológicos. Para se ultrapassar esse

patamar, é importante que se aumente o potencial produtivo desses solos. Nesse sentido, a adoção de sistemas conservacionistas de preparo de solo, aliado à utilização de sistemas de rotação e sucessão de culturas, pode constituir-se em uma estratégia eficiente para se atingir a médio prazo maiores rendimentos nessas áreas.

Embora a produtividade média das lavouras de arroz irrigado no Estado tenha aumentado nos últimos quatro anos, devido ao uso de cultivares modernas e à melhoria das práticas de manejo da cultura (IRGA, 2007), um fator que tem sido negligenciado pela pesquisa é o efeito de diferentes sistemas de cobertura de solo no inverno sobre o arroz cultivado em sucessão. Historicamente, os componentes naturais do balanço de nutrientes como resíduos sedimentares, influxo de nutrientes pela água de irrigação, resíduos orgânicos, fixação biológica de nitrogênio (N) e assimilação de carbono pela microfauna e pela flora de áreas alagadas desempenham importante papel na sustentabilidade do sistema de produção de arroz irrigado (Greenland, 1997). Desde o advento da Revolução Verde, a contribuição dessas fontes naturais de nutrientes tem diminuído nos sistemas intensivos de produção de grãos. O enriquecimento da matéria orgânica do solo com uso de espécies leguminosas capazes de fixar N atmosférico tem sido substituído pela aplicação de fontes minerais desse nutriente.

O azevém (*Lolium multiflorum*) é a principal espécie que vem sendo utilizada em áreas de várzea, para pastejo pelos animais e para formação de cobertura morta para o sistema semeadura direta. Embora apresente bom desempenho agrônômico, os seus resíduos, quando mal manejados, apresentam os inconvenientes de causar imobilização de nitrogênio (N) e de

produzir ácidos orgânicos, durante sua decomposição que podem prejudicar o estabelecimento de plântulas de arroz, especialmente quando cultivado em semeadura direta (Bohnen *et al.*, 2005). Com o cultivo do azevém, os orizicultores buscam alternativas para melhorar desempenho da pecuária de corte e para o controle mais eficiente de plantas daninhas em arroz irrigado (Dias *et al.*, 1995).

Além do azevém, a serradela nativa (*Ornithopus micranthus*) e o cornichão (*Lotus corniculatus*) apresentam alto potencial de utilização em áreas de várzea durante o inverno, devido à capacidade de adaptação à condição de alagamento do solo. Além disso, por se tratarem de espécies leguminosas seus resíduos podem servir de fonte de nitrogênio (N) para o arroz cultivado em sucessão.

O conhecimento do desempenho de espécies que se adaptem às condições de solo de várzeas no inverno, antecedendo à cultura do arroz, é fundamental para sustentabilidade de sistemas de produção de arroz nas várzeas subtropicais brasileiras. Nesse sentido, é importante que elas produzam adequadas quantidades de palha e que aumentem o rendimento de grãos do arroz em sucessão em relação ao sistema convencional de semeadura pela reciclagem de nutrientes ou pela adição de N, em se tratando de uma espécie leguminosa. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho agrônômico do arroz irrigado em sucessão a quatro sistemas de cobertura de solo no inverno, cultivado sob quatro doses de nitrogênio aplicado em cobertura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura do arroz é uma das mais importantes fontes de alimento no mundo, abrangendo uma área de cerca de 150 milhões de hectares cultivados anualmente. É considerado um dos alimentos de melhor balanceamento nutricional, fornecendo, respectivamente, 20% e 15% das necessidades de energia e proteína na alimentação humana, sendo alimento básico para mais da metade da população mundial (Azambuja *et al.*, 2004). Devido às importâncias econômica, cultural e nutricional do arroz, inúmeros trabalhos de pesquisa são realizados anualmente em nível mundial, buscando gerar novas tecnologias para aumentar sua produção e produtividade. Nesses trabalhos, as investigações nas áreas de melhoramento genético e de manejo da cultura visam o aumento de produtividade, com maior eficiência de uso dos insumos utilizados e com diminuição de custos de produção e de riscos de poluição ao ambiente (Koutroubas & Ntanos, 2003).

2.1 Sistemas de sucessão de culturas e a sustentabilidade do cultivo de arroz irrigado em áreas de várzea

Agronomicamente, os resíduos culturais são importantes fontes de nutrientes, sendo que a forma como são manejados pode manter ou aumentar a fertilidade do solo. A avaliação dos efeitos de curto e longo prazos da

incorporação de diferentes tipos de resíduos culturais na reciclagem e nos acúmulos de carbono (C), nitrogênio (N) e de outros nutrientes é de fundamental importância para desenvolvimento de técnicas de manejo que maximizem a produtividade do arroz cultivado em sucessão e que não causem impactos ao ambiente (Wassman *et al.*, 1995).

O uso de sistemas de rotação e sucessão de culturas contribui para a sustentabilidade do sistema produtivo por várias razões: quebra do ciclo de pragas e moléstias, diminuição de infestação de plantas daninhas e alternância nos padrões de extração e de reciclagem de nutrientes pelo uso de espécies com diferentes sistemas radiculares (Rego, 1994). Considera-se que a condição ideal é aquela em que o solo tenha sempre uma espécie de planta se desenvolvendo ao longo de um ano determinando altos fluxos de carbono e energia no sistema solo-planta-atmosfera, o que resulta na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Quando esse fluxo de matéria e energia é positivo, aumenta o nível de organização do solo, conferindo maior sustentabilidade e qualidade ao sistema (Vezzani, 2001).

Dentre as mudanças que ocorrem com a adição de resíduos ao solo pelos sistemas de rotação e sucessão de culturas, estão o aumento ao longo do tempo dos estoques de C (Bayer *et al.*, 2006) e, conseqüentemente, de N. Além disso, a adoção do sistema plantio direto é uma das principais estratégias para aumentar o potencial produtivo de solos de baixa produtividade, pelo aumento a longo prazo dos teores de matéria orgânica e de nutrientes.

A contínua adição de resíduos e o revolvimento mínimo são requisitos fundamentais no estabelecimento do manejo conservacionista dos solos. O efeito principal desse sistema deve-se à presença da planta e de seus resíduos

sobre o solo, à atividade radicular e à relação agregação-acúmulo de matéria orgânica. Especialmente dessa relação, que é de efeito mútuo, surgem diversas propriedades emergentes no solo, dentre elas a capacidade de troca de cátions (CTC), que influi na dinâmica de alguns nutrientes no solo (Anghinoni, 2007).

As pastagens e/ou as espécies de cobertura de solo no inverno, especialmente as da família das poáceas, podem proporcionar elevado rendimento de massa seca e alta absorção de nutrientes, especialmente de potássio (K). Embora a quantidade absorvida desse nutriente pelo arroz irrigado cultivado em sucessão seja grande, a quantidade removida pelos grãos é pequena (aproximadamente 20%), sendo que o restante retorna ao solo com a palha. Por sua rápida liberação dos resíduos das culturas, o K retorna ao solo, formando um gradiente decrescente de concentração no perfil, a partir da superfície. Quando não se cultiva uma espécie em sucessão ao arroz, o escoamento superficial de água da lavoura pode provocar perdas desse nutriente.

Com a adoção do sistema de produção sem intervalo de pousio entre uma cultura e outra, o K será absorvido, permanecendo a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido de perdas por lixiviação e erosão (Mielniczuk, 2005). Além disso, no sistema plantio direto, os aumentos da CTC do solo com as elevações do teor de matéria orgânica e do pH do solo, devida à calagem, aumentam a capacidade de retenção de K pelo solo e modificam sua distribuição nos sítios de troca e na solução do solo, o que também reduz as perdas por lixiviação.

Os maiores rendimentos de matéria seca obtidos pelas culturas com o aumento da fertilidade do solo magnifica a reciclagem de K (Santi *et al.*, 2003). Nesse sentido, Rossato (2004) observou aumentos na reciclagem desse nutriente e no crescimento e no rendimento das culturas de grãos com adição de N pelo adubo e com uso do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) como cultura recicladora entre os cultivos de milho e trigo. Nesse caso, a cultura do trigo foi beneficiada pelo maior suprimento de K proveniente da decomposição do nabo.

Outro nutriente que tem sua dinâmica influenciada positivamente pelo manejo conservacionista do solo é o fósforo (P). Dependendo do manejo adotado nos sistemas agrícolas, pode ocorrer a perda desse nutriente dissolvido na água e, principalmente, a sua adsorção às partículas coloidais das argilas e da matéria orgânica. A presença constante de espécies de cobertura no solo aumenta a concentração de P na camada mais superficial do solo. Esse aspecto, aliado à produção de ânions orgânicos que competem pelos sítios de adsorção, reduz a imobilização de P no solo (Rheinheimer, 2000) e aumenta sua disponibilidade e uso pelas plantas.

Além das espécies da família das poáceas, as leguminosas merecem destaque como coberturas de solo em sistemas de rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea. Além de promoverem a cobertura do solo, o uso de espécies leguminosas pode reduzir a dose de adubação nitrogenada a ser utilizada no cultivo em sucessão. Isso ocorre em função da fixação de N por bactérias específicas em simbiose com o sistema radicular dessas espécies. Assim, o N pode ser disponibilizado pelos resíduos dessas plantas para a cultura em sucessão, havendo redução nos custos de produção e benefícios ao

ambiente, pelo menor risco de contaminação de cursos de água com derivados de N (nitrato e nitrito).

Com o uso de espécies leguminosas em sistemas de sucessão, além do N, outros nutrientes como P, K, Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) têm suas disponibilidades aumentadas pela reciclagem, o que aumenta significativamente a CTC do solo. O uso dessas espécies como fonte de N é particularmente importante em solos pobres em matéria orgânica, em que as doses de fertilizantes nitrogenados a serem aplicados nos cereais de verão são elevadas, em função dos baixos teores de N prontamente disponíveis (Aita, 2001).

Na maioria das culturas, o N é o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas, sendo a sua deficiência a que ocorre mais freqüentemente (Tirol-Padre *et al.*, 1996). Além disso, em condições adversas, principalmente com relação ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo e época e método de aplicação do fertilizante, o N é um elemento que pode se perder facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo (Fageria & Baligar, 2005). Em função disso, a eficiência de seu uso pelas plantas é baixa, variando de 50 a 60% do total aplicado na lavoura. Cerca de 50% do N absorvido pelas plantas é exportado pelos grãos, sendo que o restante permanece no solo nos resíduos culturais.

A maior parte do N do solo encontra-se sob formas orgânicas, que devem ser mineralizadas para liberá-lo e ser absorvido pelas plantas. No solo, a principal fonte de N é a matéria orgânica, portanto, a dinâmica do N no solo está intimamente associada à da matéria orgânica. Os efeitos da permanência

da lâmina de água na lavoura de arroz irrigado sobre a dinâmica desse nutriente ainda não foram extensivamente estudados.

Dentre as espécies leguminosas, a serradela nativa (*Ornithopus micranthus*) e o cornichão (*Lotus corniculatus*) apresentam amplo potencial de utilização em áreas de várzea durante o inverno e a primavera, devido às suas altas capacidades de adaptação a condições de solo mal drenado (Menezes, 1994). Além de incrementarem a cobertura vegetal das várzeas no inverno, essas espécies podem beneficiar o solo pela fixação de N atmosférico e serem utilizadas como fonte protéica para animais. Em estudo recente, Macedo *et al.* (2007) evidenciaram que a serradela é capaz de disponibilizar N em quantidade adequada para obtenção de rendimentos de grãos ao redor de 8 a 9 t ha⁻¹ na cultura de arroz irrigado em sucessão. Nesse trabalho, porém, não foi possível comparar os desempenhos agrônomico e econômico da serradela em relação a outras espécies de cobertura de solo no inverno, sob diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura.

2.2 Fatores limitantes ao uso de sistemas de sucessão de culturas em áreas de várzea

Embora muito difundida em cultivos de terras altas, a adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas ainda é pouco utilizada em áreas de cultivo de arroz irrigado nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Dentre as limitações existentes para implantação desses sistemas em áreas de várzea, as principais são a má drenagem dos solos e a falta de espécies e/ou cultivares adaptadas a essa condição. Como a condutividade hidráulica dos solos de várzea é baixa, a drenagem superficial é decisiva para

adequado estabelecimento e desenvolvimento de plantas de culturas de terras altas. A drenagem é estabelecida por dois procedimentos principais: pelo aplainamento do solo, para correção do microrelevo, e pelo estabelecimento de drenos para que a água superficial escorra rapidamente após a ocorrência de precipitações pluviais intensas (SOSBAI, 2007).

A permanência contínua da lâmina de água na lavoura de arroz ocasiona mudanças nas dinâmicas de N e C no solo (Olk *et al.*, 2006). O sistema de cultivo de arroz do Estado do Rio Grande do Sul com semeadura em solo seco e entrada de água na lavoura quando as plantas atingem o estágio V_{3-4} (segundo escala proposta por Counce *et al.*, 2000) implica em grande período de solo sob condições anaeróbicas, o que influencia a dinâmica de reciclagem de nutrientes e de C pelos microorganismos heterotróficos. O estudo das implicações dessas mudanças no arroz cultivado em sucessão é importante para recomendação de práticas de manejo que maximizem o seu rendimento de grãos.

Sob baixas concentrações de oxigênio, os organismos heterotróficos passam a obter a energia necessária para seu crescimento pela oxidação da matéria orgânica, utilizando compostos minerais como receptores finais de elétrons. Como resultado de reações de oxiredução, o N e o enxofre (S) podem ser perdidos sob formas gasosas e os teores de manganês (Mn) e de ferro (Fe) aumentam na solução do solo (Anghinoni, 2005). Paralelamente, aumentam os teores de P e de cátions e a CTC na solução do solo. Como conseqüência, há aumento da condutividade elétrica e diminuição do potencial redox. Esses fatores afetam o microclima da rizosfera e a disponibilização de nutrientes para as plantas, sendo as dinâmicas de reciclagens de C e N muito afetadas pela

duração do período de permanência da água no solo cultivado com arroz irrigado (Witt *et al.*, 2000).

No sistema plantio direto em terras altas a adição de grande quantidade de palha é importante para aumentar o C orgânico do solo e o aporte de nutrientes. No entanto, em áreas de várzeas a presença de elevada quantidade de resíduos de espécies cultivadas no inverno pode ser maléfica, devido ao acúmulo de ácidos orgânicos (principalmente os ácidos acético, propiônico e butírico) no solo em quantidades prejudiciais ao estabelecimento das plântulas de arroz irrigado (Camargo *et al.*, 2001).

Os principais efeitos negativos da alta concentração de ácidos orgânicos são a redução do alongamento e da emissão de pêlos radiculares na fase inicial de desenvolvimento das plantas. Esses sintomas estão associados à inibição da respiração e, conseqüentemente, da divisão celular (Camargo *et al.*, 2001). Na concentração de 1,0 mM dos ácidos butírico e acético houve redução de, respectivamente, 78 e 55% no peso radicular (Camargo *et al.*, 1993). Além da redução do crescimento radicular (30%) e da parte aérea (18%), Souza *et al.* (2002) verificaram decréscimos na absorção e na acumulação de N, P, K, Ca e Mg sob concentração de 2,5 mM de ácido acético.

No arroz cultivado em sucessão a espécies da família das poáceas, além da questão dos ácidos orgânicos, é importante também considerar os efeitos da alta relação C/N de seus resíduos nas reduções da absorção de N e do rendimento de grãos. Isto se deve ao processo de imobilização desse nutriente, devido à maior oferta de C ao sistema solo-planta, que estimula a atividade microbiana (Sá, 1996), que passa a atuar mais como agente de

mineralização do N orgânico do solo do que como fonte de N potencialmente mineralizável (Vargas *et al.*, 2005). Esse aspecto, associado à lenta velocidade de liberação de N dos resíduos das plantas de espécies poáceas, diminuem a disponibilidade desse nutriente para o cultivo posterior, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta.

Com o aumento da quantidade de resíduos de azevém, Pinto *et al.*(2003) observaram redução linear do rendimento de grãos de arroz cultivado em sucessão no sistema mix pré-germinado. Embora haja evidências da ocorrência do processo de imobilização de N, não se dispõe de informações científicas específicas sobre o assunto e nem sobre o desenvolvimento de estratégias para minimizar esse efeito indesejável.

Em áreas de terras altas, algumas alternativas de manejo vêm sendo estudadas para minimizar a imobilização de N, especialmente para o milho cultivado em sucessão à aveia preta. Dentre elas, estão o uso de sistemas de consórcio com espécies com baixa relação C/N, o aumento da dose de N mineral aplicado na semeadura do milho e o aumento do intervalo de tempo entre a dessecação das espécies de cobertura de solo da família das poáceas e a semeadura desse cereal. Todas essas estratégias têm como objetivos principais aumentar a taxa de decomposição de resíduos, diminuir o período de imobilização do N pelos microorganismos quimiorganotróficos na sua decomposição (Victoria *et al.*, 1992) e aumentar a disponibilidade de N às culturas em sucessão. Entretanto, para áreas de várzea são escassas as informações sobre o efeito de resíduos culturais de espécies de cobertura de solo no inverno e de seu adequado manejo para melhor desempenho agrônômico do arroz cultivado em sucessão.

2.3 OBJETIVOS

- Avaliar os efeitos de quatro sistemas de cobertura de solo no inverno no rendimento de grãos e seus componentes e nas características agronômicas da cultura do arroz irrigado em sucessão, cultivado sob quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura;

- Avaliar a qualidade de grãos de arroz, expresso em termos de teor de proteína e rendimento de grãos inteiros, em função das coberturas de solo no inverno e de doses de adubação nitrogenada em cobertura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de execução

Um experimento foi conduzido a campo na estação de crescimento 2007/08, na Estação Experimental do Arroz (EEA/IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, situada a 29°55'30" de latitude sul e a 50°58'21" de longitude oeste e à altitude de 7 m.

O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A análise de solo da área, realizada em março de 2007, indicou os seguintes valores: argila (14%); pH (água): 5,1; P (Mehlich 1): 14,6 mg dm⁻³; K (Mehlich 1): 44 mg dm⁻³, CTC_{pH 7,0}: 8,1 cmol_c kg⁻¹ e matéria orgânica (23 g kg⁻¹).

O clima da região é do tipo subtropical úmido, conforme classificação de Köeppen, sendo considerado como de transição entre os tipos Cfa₁ (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa₂ (isoterma anual superior a 18°C). 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). A precipitação pluvial média anual é de 1425 mm e a disponibilidade máxima de radiação solar é de 502 cal cm⁻²dia⁻¹ no mês de dezembro.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Fisiologia do Departamento de Plantas de Lavoura, da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e no Laboratório de Análises da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre- RS.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos constaram de quatro sistemas de cobertura do solo no inverno (serradela nativa, azevém, cornichão e testemunha com a área mantida em pousio) e quatro doses de nitrogênio (N) aplicado em cobertura (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹) no arroz cultivado em sucessão. As espécies utilizadas como cobertura de solo no inverno foram escolhidas por sua reconhecida adaptação a solos mal drenados. No sistema de pousio, a área foi mantida com a vegetação espontânea do local sem a introdução de nenhuma espécie vegetal.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os sistemas de cobertura de solo no inverno foram locados nas parcelas principais e as doses de N nas subparcelas.

3.3 Procedimento experimental

As três espécies de cobertura de solo no inverno foram implantadas no dia 30 de abril de 2007, em solo preparado no sistema convencional, com semeadura a lanço. A área escolhida para o experimento encontrava-se em pousio há quatro anos. Entre os critérios para a escolha da área, considerou-se a ausência de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) e a sua localização próxima de um açude, para não utilizar a água do Rio Gravataí que, nos meses do verão,

apresenta alta concentração de contaminantes ricos em N, o que poderia causar confundimento dos resultados obtidos. Em experimentos anteriores conduzidos na mesma área na safra 2003/04 foi constatada toxidez por ferro nas plantas de arroz. Como forma de evitar a ocorrência desse tipo de dano, foram tomadas algumas medidas preventivas, como a escolha de uma cultivar tolerante (IRGA 424) (Cruz *et al.*, 2007), a sistematização adequada da área para garantir eficiente drenagem e aplicação de 4,2 t ha⁻¹ de calcáreo (PRNT 100%) ao solo em abril de 2007, para elevar o pH até 6,0.

A semeadura das espécies de cobertura de solo foi realizada nas seguintes densidades: azevém 30 kg ha⁻¹, cornichão 8 kg ha⁻¹ e serradela nativa 3 kg ha⁻¹ de sementes viáveis. No mesmo dia da semeadura dessas espécies, aplicou-se 250 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-30 para adubação de base nas espécies leguminosas e 200 kg ha⁻¹ da mesma fórmula para o azevém, que recebeu ainda a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura no perfilhamento.

As parcelas de azevém foram roçadas com o equipamento triton no dia 13 de setembro de 2007. As dessecações do azevém e da área mantida em pousio foram realizadas em 01 de outubro de 2007, portanto aos 40 dias antes da semeadura do arroz, e as da serradela e do cornichão no dia 09 de outubro de 2007. No dia 19 de outubro todas as coberturas de solo foram roçadas com o equipamento triton, para acelerar a decomposição dos resíduos e facilitar a semeadura do arroz em sucessão.

A cultivar de arroz utilizada foi a IRGA 424, de porte baixo, ciclo médio, tolerante à toxidez por Fe³⁺ e com alto potencial de rendimento de grãos. Realizou-se a semeadura dia 09 de novembro de 2007, no sistema de

semeadura direta, na densidade de 100 kg ha⁻¹ e espaçamento entre linhas de 0,17 m. A adubação de base, calculada para incrementos de mais de 4,0 t ha⁻¹ (SOSBAI, 2007), foi de 20, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando-se 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-30. As sementes foram previamente tratadas com inseticida fipronil (4 g i.a. 10 kg de sementes⁻¹), para controle preventivo da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), e com fungicida à base de thiram e carboxina (25 ml 10 kg de sementes⁻¹). O controle de plantas daninhas foi realizado pela aplicação de herbicidas recomendados em pós-emergência precoce (SOSBAI, 2007).

A adubação nitrogenada em cobertura foi dividida em três aplicações. Originalmente o experimento teria quatro doses de aplicação (0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹ de N). No dia 29 de novembro de 2007 aplicou-se 2/3 dessa dose original, quando as plantas estavam no estágio V₃₋₄ segundo escala proposta por Counce *et al.* (2000), procedendo-se no dia seguinte a entrada da água de irrigação. No dia 21 de dezembro, quando as plantas se encontravam no estágio V₈, foi diagnosticada alta toxidez nas plantas de arroz pela elevada concentração de Fe na solução do solo. Imediatamente procedeu-se a retirada da água de irrigação, como forma de amenizar os danos na cultura do arroz. No dia 26 de dezembro, quando as plantas se encontravam no estágio V₈₋₉, aplicou-se novamente em solo seco 1/3 restante da dose original e mais uma dose complementar de 50 kg ha⁻¹ de K₂O em todos os tratamentos para compensar possíveis perdas com a retirada da água.

No dia 02 de janeiro de 2008 a lâmina de água foi restabelecida e em 22 de janeiro, quando as plantas estavam no estágio R₂, foi aplicada mais uma dose de N, correspondente à metade da aplicada em V₉₋₈, com objetivo de

garantir o potencial produtivo do arroz e amenizar o efeito da toxidez por Fe, o que resultou nas quatro doses finais de adubação nitrogenada em cobertura (0, 70, 140, 210 kg ha⁻¹ de N).

Cada subparcela era composta por dez linhas, espaçadas de 0,17 m, com 10 m de comprimento, totalizando uma área de 17 m².

3.4 Parâmetros avaliados

3.4.1 Nas coberturas de solo no inverno

3.4.1.1 Rendimento de matéria seca da parte aérea

Foram coletadas plantas em duas amostras de 0,25m² em cada parcela principal, as quais foram secas em estufa a 60°C até atingir peso constante. O rendimento de matéria seca da amostra foi extrapolado para um hectare.

3.4.1.2 Teor de N no tecido vegetal

As plantas amostradas para determinação do rendimento de matéria seca foram moídas e o teor de N foi determinado através da metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1995).

3.4.1.3 Quantidade de N acumulado na parte aérea

Obtido pela multiplicação do teor de N no tecido vegetal pela quantidade de matéria seca produzida em um hectare.

3.4.2 Na cultura do arroz

As determinações densidade inicial de plantas, número de colmos por planta e componentes de rendimento foram avaliadas em um metro linear em duas linhas de cada subparcela, perfazendo uma área de 0,34 m².

3.4.2.1 Densidade inicial de plantas

A densidade inicial foi obtida através da contagem das plantas emergidas aos dez dias após emergência, entre os estádios V₂ e V₃, antes do início do perfilhamento.

3.4.2.2 Número de perfilhos por planta

Este parâmetro foi obtido no estádio V₈ através da divisão do número de colmos existentes na área amostrada pela densidade inicial de plantas, subtraindo-se o algarismo um referente ao colmo principal de cada planta.

3.4.2.3 Rendimento de matéria seca, teor e quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea da planta por hectare

As amostras coletadas em cada estádio foram secas em estufa a 60°C até atingir peso constante. A matéria seca obtida foi extrapolada para um hectare.

Após a determinação do rendimento de matéria seca, as plantas amostradas no estádio V₁₀ e na colheita foram moídas, sendo avaliado o teor de N no tecido pela metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1995). As determinações dos teores de P, K, Ca e Mg nos estádios V₁₀ e florescimento foram realizadas no Laboratório de Análises da Faculdade de Agronomia da

UFRGS, em Porto Alegre-RS. Multiplicando-se o teor de cada macronutriente no tecido vegetal pela quantidade de matéria seca produzida em um hectare, obteve-se a quantidade de cada macronutriente acumulada na parte aérea por hectare.

3.4.2.4 Rendimento de grãos

O rendimento de grãos foi obtido pela extrapolação da produção obtida na área útil da subparcela para um hectare, corrigindo-se a umidade para 130 g kg^{-1} . A área colhida para avaliação foi de $11,2 \text{ m}^2$, composta pelos nove metros centrais das linhas 2 a 9, subtraídos $0,68 \text{ m}^2$ das áreas colhidas nos estádios V_{10} e R_3 para determinação do rendimento de matéria seca e $0,34 \text{ m}^2$ da área colhida na colheita para análise dos componentes do rendimento de grãos.

3.4.2.5 Componentes do rendimento

Na colheita, as plantas amostradas foram colhidas separadamente e levadas ao laboratório de fisiologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS para análise dos quatro componentes:

- Número de panículas m^{-2} : obtido pela razão entre o número de panículas da amostra pela área colhida.

- Número de grãos panícula⁻¹: calculado pela razão entre o número total de grãos formados (extrapolado por regra de três a partir do peso de 200 grãos) e o número de panículas colhidas na área da amostra.

- Peso do grão: obtido pela pesagem de duas amostras de 200 grãos, contados manualmente, com correção da umidade para 130 g kg^{-1} .

- Esterilidade de espiguetas: obtida pela contagem do número de espiguetas estéreis, que foram separadas da amostra através do equipamento soprador de grãos, sendo expressa em percentagem em relação ao número total de espiguetas por panícula.

3.4.2.6 Eficiência agronômica do N aplicado (EAN)

Calculada pela metodologia proposta por BALIGAR *et al.* (1990) para medir a eficiência de uso de qualquer nutriente, pela fórmula:

$$\text{EAN} = (\text{RF} - \text{RNF}) / \text{QNA},$$

Onde RF é o rendimento de plantas fertilizadas (kg ha^{-1}); RNF é o rendimento de plantas não fertilizadas (kg ha^{-1}) e QNA é a quantidade de nutriente aplicada (kg ha^{-1}).

3.4.2.7 Qualidade de grãos

3.4.2.7.1 Rendimento de grãos inteiros

Determinado pela coleta de uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca, utilizando-se um engenho de prova, por um minuto. Os grãos brunidos (polidos) foram pesados e os valores obtidos foram considerados como rendimento de benefício. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados em um “trieur” processando-se a separação dos grãos por 30 segundos. Após, os grãos que permaneceram no “trieur” foram pesados e o valor obtido foi considerado como rendimento de grãos inteiros, expresso em porcentagem.

3.4.2.7.2 Teor de proteína nos grãos polidos

Após a determinação do rendimento de grãos inteiros, retirou-se uma amostra de 20 g de grãos polidos que foram moídos para avaliação do teor de N no grão, pela metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1995). Multiplicando-se o teor de N no grão pelo fator 6,25 (Crusciol *et al.*, 2003) obteve-se o teor de proteína nos grãos, expresso em porcentagem.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo F-teste. Quando foram significativos os efeitos simples de dose de aplicação de N, foi feita análise de regressão. A comparação múltipla de médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da EAN foram submetidos à análise separada dos demais, por envolver apenas três comparações (rendimentos de grãos dos tratamentos que receberam 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N em cobertura comparados ao tratamento sem aplicação de N).

4. RESULTADOS

4.1 Coberturas de solo no inverno

O rendimento de matéria seca das coberturas de solo no inverno variou de 1,4 t ha⁻¹ (pousio), a 4,5 t ha⁻¹ (azevém). A serradela nativa e o cornichão, produziram 2,2 e 2,4 t ha⁻¹ de massa seca, respectivamente. O teor de N dos resíduos das espécies leguminosas foi maior que o dobro do observado no azevém. O maior teor de N foi observado na serradela nativa, seguida pelo cornichão, pousio e azevém, que apresentou o menor teor de N (Tabela1).

As maiores quantidades de N acumulado na parte aérea das coberturas de solo no inverno por hectare foram observadas nas duas espécies leguminosas. O cornichão acumulou 64 kg ha⁻¹ de N e a serradela 63,1 kg ha⁻¹. O menor acúmulo de N foi observado no tratamento pousio, com 23,5 kg ha⁻¹ de N (Tabela1).

TABELA 1. Rendimento de matéria seca, teor de nitrogênio (N) e quantidade de N acumulado por hectare na parte aérea das espécies de cobertura de solo no inverno por ocasião das suas épocas de dessecação. Cachoeirinha-RS, 2008.

Cobertura de solo no inverno	Rendimento de matéria seca da parte aérea (t ha ⁻¹)	Teor de N (%)	N acumulado na parte aérea (kg ha ⁻¹)
Azevém	4,5 a	1,1 c	50,8 ab
Cornichão	2,4 b	2,6 a	64,0 a
Serradela nativa	2,2 b	2,8 a	63,1 a
Pousio	1,4 b	1,6 b	23,5 b
CV ¹ (%)	25,3	10,5	32,8

* Significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

¹ CV- Coeficiente de variação

4.2 Parâmetros avaliados no arroz irrigado

O efeito simples de coberturas de solo no inverno e a interação cobertura de solo e dose de adubação nitrogenada aplicada em cobertura no arroz não foram significativos para nenhuma das características avaliadas na cultura do arroz (Apêndice). Foram significativos apenas os efeitos simples de dose de N para a maioria das avaliações, exceto para densidade inicial, número de panículas por metro quadrado, peso do grão e esterilidade de espiguetas, que não apresentaram resposta à adubação nitrogenada em cobertura.

4.2.1 Densidade inicial de plantas

A densidade inicial do arroz não variou significativamente em função da cobertura de solo antecedente. A densidade inicial de arroz foi adequada, sendo de 197 plantas m^{-2} , na média das quatro coberturas de solo no inverno.

TABELA 2. Densidade inicial de plântulas de arroz em função da cobertura de solo no inverno. Cachoeirinha-RS 2008.

Cobertura de solo no inverno	Densidade inicial (plantas m^{-2})
Azevém	190 ^{ns*}
Cornichão	208
Serradela nativa	196
Pousio	192
CV ¹ (%)	24

*Não significativo pelo F-teste.

¹CV- Coeficiente de variação

4.2.2 Número de perfilhos por planta

O número de perfilhos por planta variou apenas em função de dose de adubação nitrogenada aplicada em cobertura no arroz irrigado (Figura 1). Essa

variável aumentou linearmente com o incremento da dose de N. Para cada 10 kg de N aplicado, houve a emissão de 0,08 perfilho por planta.

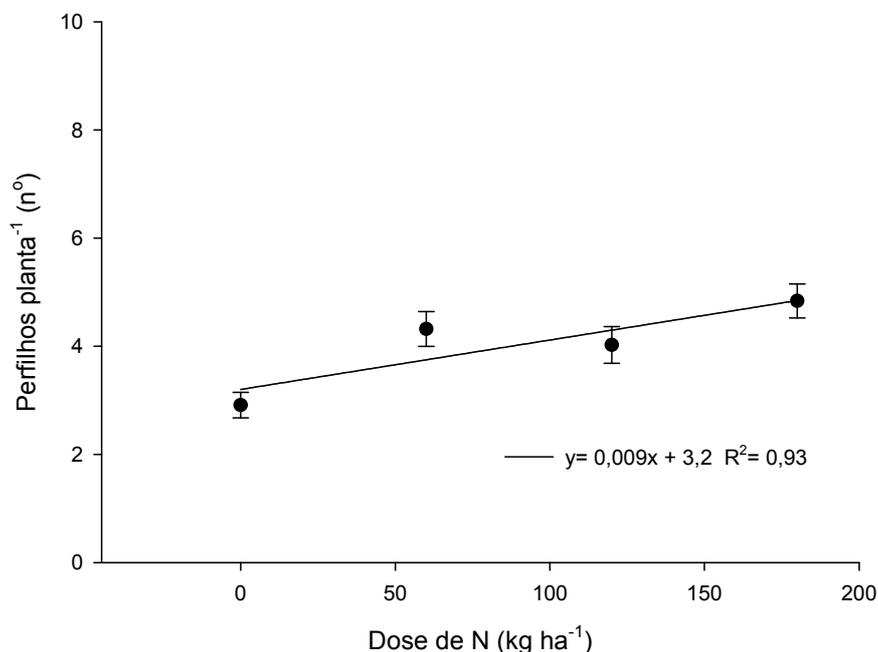


FIGURA 1. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.3 Rendimento de matéria seca, teor e quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea da planta

Para a maioria desses parâmetros, foi significativo apenas o efeito simples de doses de N aplicado em cobertura.

No estágio V_{10} observou-se resposta quadrática do rendimento de matéria seca em função da dose de adubação nitrogenada em cobertura (Figura 2). A dose de adubação nitrogenada aplicada em cobertura que proporcionou maior rendimento de matéria foi de 237 kg ha⁻¹ de N. As aplicações de 140 e 210 kg ha⁻¹ de N incrementaram em 56 e 66% o

rendimento de massa seca em relação ao tratamento sem aplicação de N em cobertura.

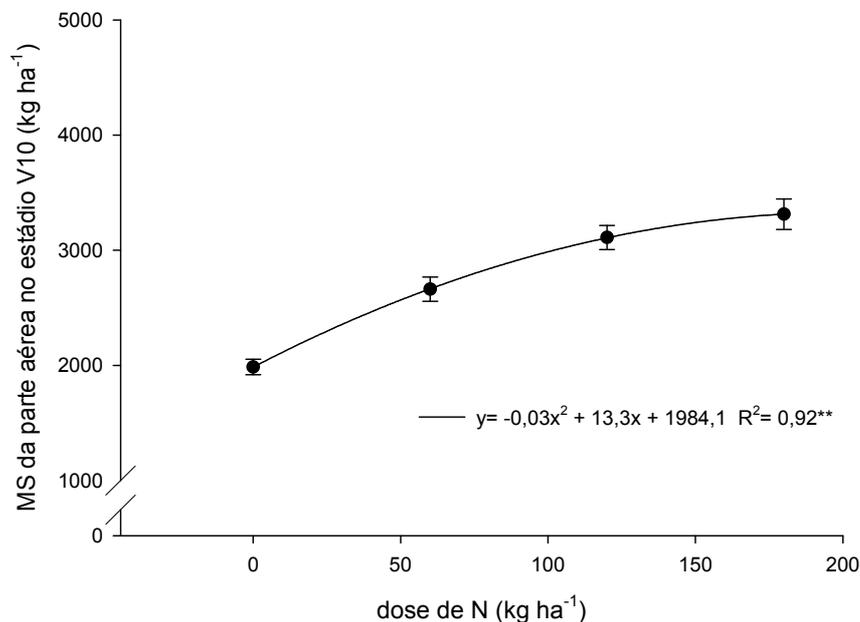


FIGURA 2. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea de arroz irrigado no estágio V₁₀ em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

Os teores de N (Figura 3) e Mg (Figura 4) no tecido vegetal no estágio V₁₀ aumentaram linearmente com o incremento da dose de adubação nitrogenada em cobertura. A aplicação da dose de 210 kg ha⁻¹ de N aumentou em 33 e 43% respectivamente, os teores de N e Mg em relação à testemunha. Para cada 10 kg ha⁻¹ de N aplicado houve aumento de 0,02 e 0,004% nos teores de N e Mg no tecido vegetal.

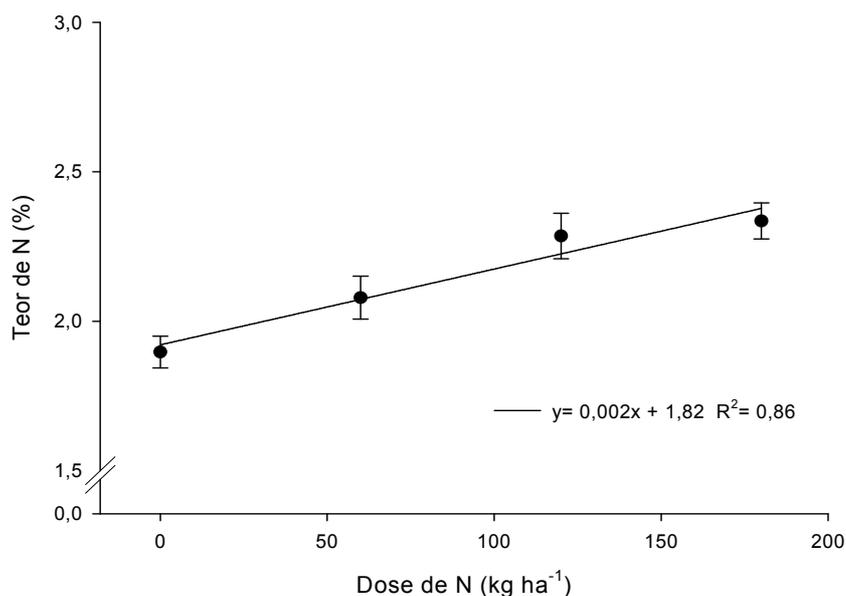


FIGURA 3. Teor de N na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V₁₀ em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

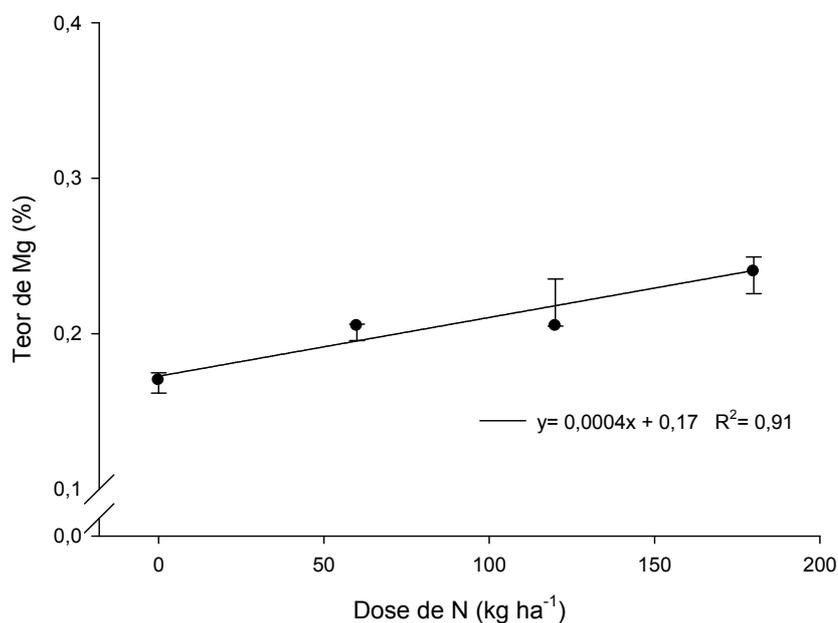


FIGURA 4. Teor de Mg na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V₁₀ em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

A quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea no estágio V_{10} aumentou linearmente em função do incremento da dose de N aplicada (Figura 5). As maiores respostas ao incremento da adubação nitrogenada foram observadas no N e K. Para cada 10 kg de N aplicado, as quantidades de N, P, K, Ca e Mg aumentaram, respectivamente, em 2,4, 0,09, 1,2, 0,2 e 0,2 kg ha^{-1} .

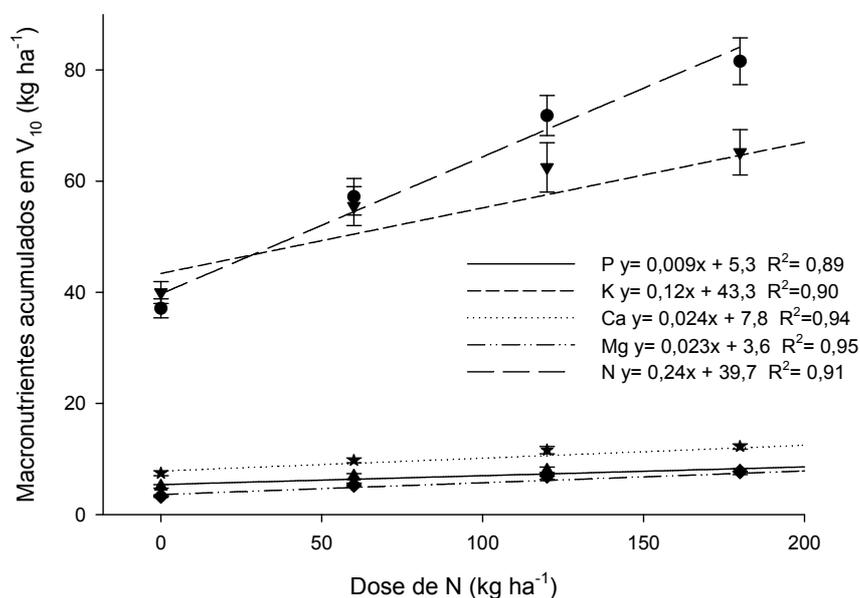


FIGURA 5. Quantidade de macronutrientes acumulada por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado no estágio V_{10} em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

Na avaliação realizada no florescimento, o rendimento de matéria seca aumentou linearmente em função do incremento da dose de adubação nitrogenada em cobertura (Figura 6). Para cada 10 kg de N aplicado o

rendimento de matéria seca aumentou 161 kg ha⁻¹.

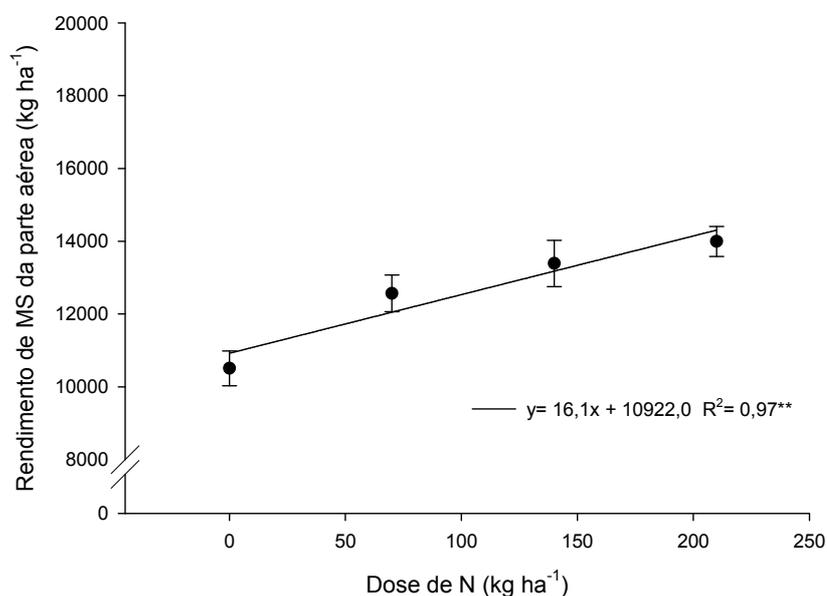


FIGURA 6. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea de arroz irrigado no florescimento em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

Já os teores de macronutrientes no florescimento não variaram em função de dose de adubação nitrogenada em cobertura. Os teores de N, P, K, Ca e Mg observados na média das coberturas de solo e das doses de N em cobertura foram 0,87, 0,25, 1,1, 0,29 e 0,19 % respectivamente.

A quantidade de macronutrientes acumulada na parte aérea por hectare aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada. As quantidades de N, P, K, Ca e Mg acumuladas por hectare aumentaram 2,0, 0,5, 2,1, 0,7 e 3,8 kg ha⁻¹, respectivamente.

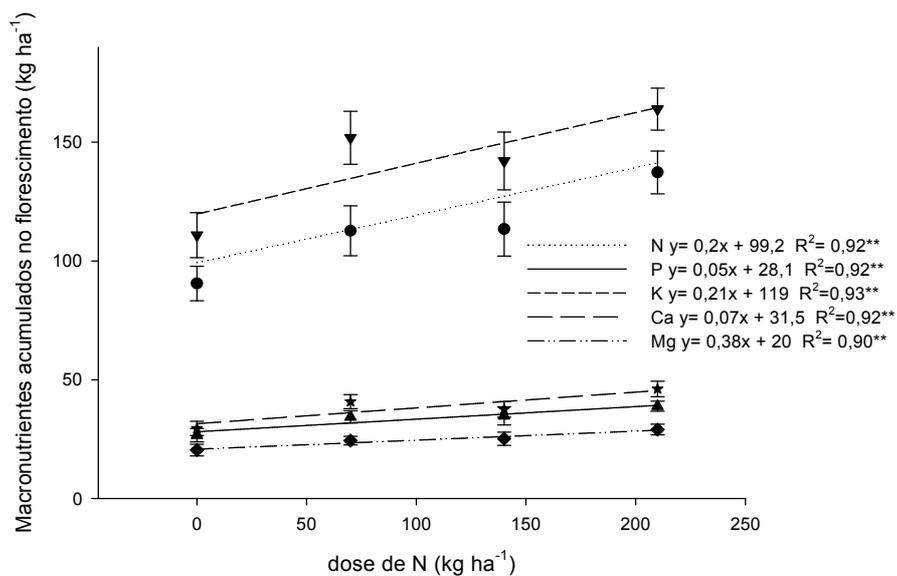


FIGURA 7. Quantidade de macronutrientes acumulada por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado no florescimento em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

Na avaliação realizada na colheita, o rendimento de matéria seca (Figura 8) e a quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas por hectare (Figura 9) aumentaram de forma quadrática em função da dose de adubação nitrogenada em cobertura.

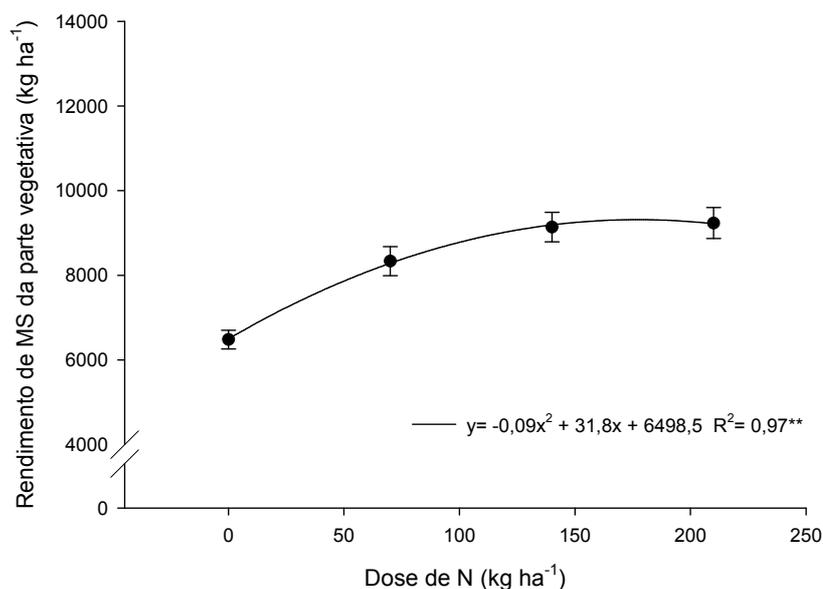


FIGURA 8. Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

As doses de N em cobertura que proporcionaram os maiores rendimentos de matéria seca e acúmulo de N na parte aérea foram de 177 e 183 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Nas duas maiores doses de adubação nitrogenada em cobertura, 140 e 210 kg ha⁻¹, houve incrementos de 41 e 42 % no rendimento de matéria seca e de 64 e 61 % na quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas (Figura 9) em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura.

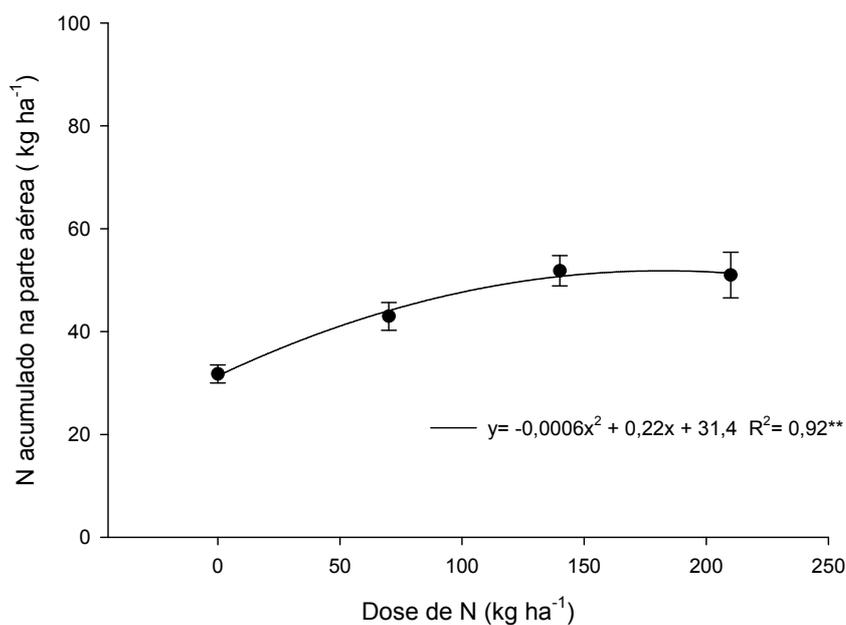


FIGURA 9. Quantidade de nitrogênio (N) acumulado por hectare na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.4 Rendimento de grãos

Para esse parâmetro, foi significativo apenas o efeito simples de dose de adubação nitrogenada em cobertura, sendo que o rendimento de grãos aumentou de forma quadrática com o incremento da quantidade de N aplicada (Figura 10).

As aplicações das duas doses mais altas, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N, aumentaram o rendimento de grãos em 2250 e 2970 kg ha⁻¹, respectivamente, em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura.

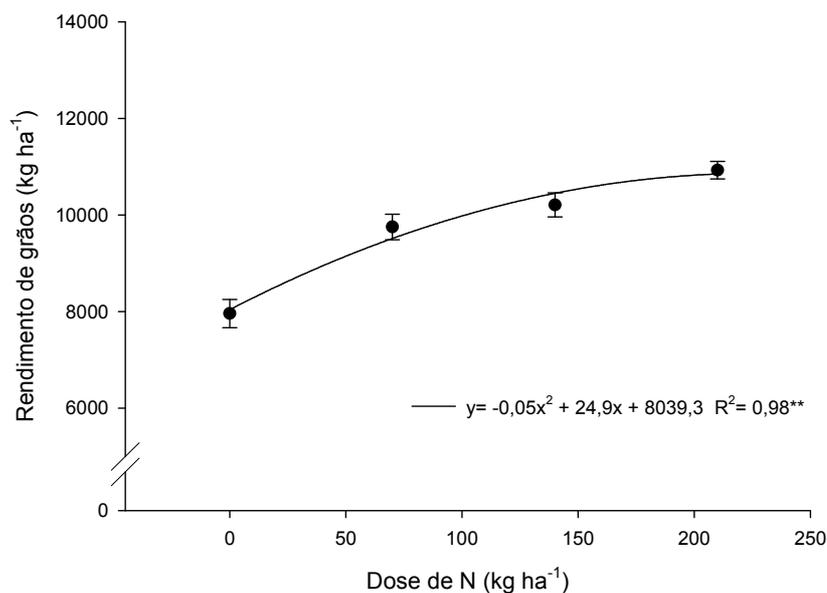


FIGURA 10. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.5 Componentes do rendimento de Grãos

4.2.5.1 Panículas por metro quadrado

Para este parâmetro não foram significativos os efeitos simples de coberturas de solo no inverno e de doses de N aplicadas em cobertura e a interação desses fatores. No entanto, o valor numérico desse componente foi 11 % superior no tratamento com aplicação de 210 kg ha⁻¹ em relação à testemunha sem aplicação de N em cobertura, na média das quatro coberturas de solo no inverno.

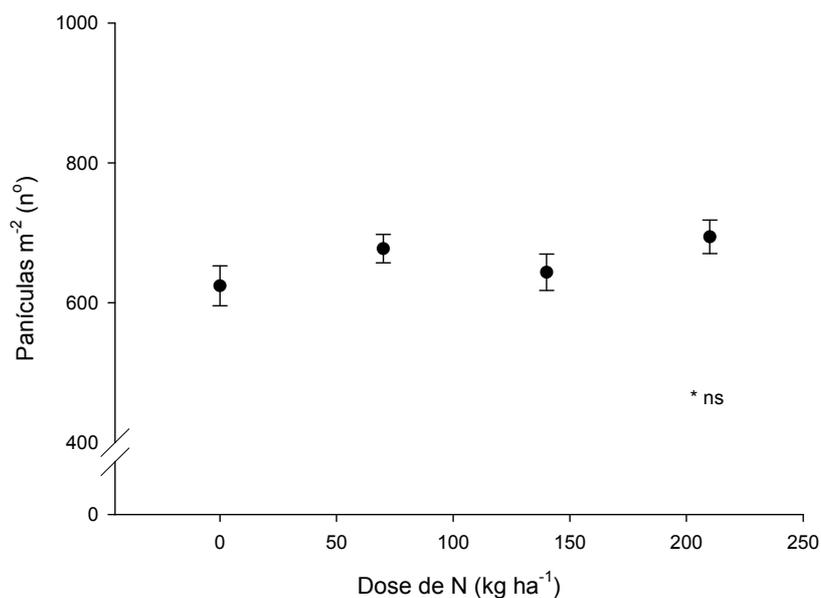


FIGURA 11. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão. *ns: não significativo pelo F-teste.

4.2.5.2 Número de grãos por panícula

Para esse parâmetro, foi significativo apenas o efeito simples de doses de N em cobertura. O número de grãos por panícula aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada em cobertura (Figura 12). Para cada incremento de 10 kg ha⁻¹ da dose de N aplicada, houve aumento de 0,4 grão por panícula.

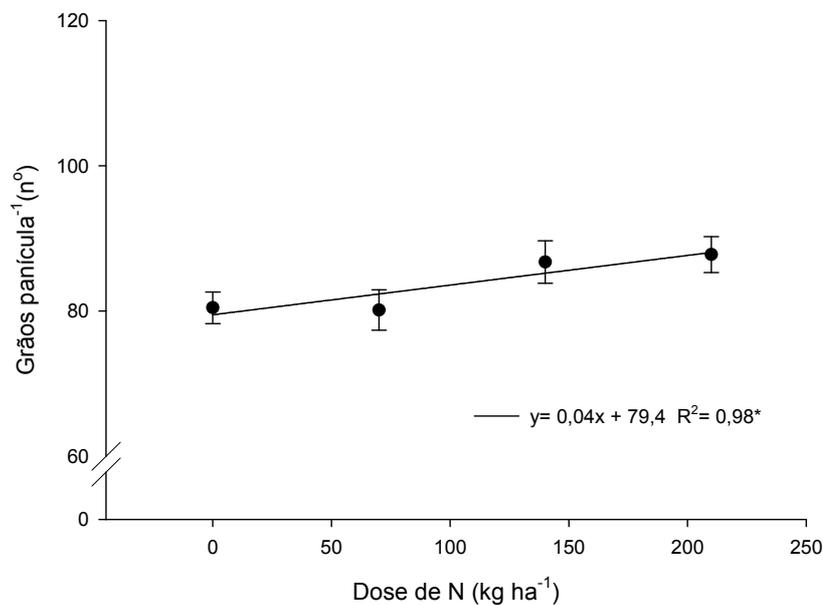


FIGURA 12. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.5.3 Peso do grão

Para esse parâmetro não foram significativos os efeitos simples dos dois fatores testados e sua interação. Na média dos quatro níveis de N aplicados em cobertura e das quatro coberturas de inverno o peso do grão foi de 25,5 mg.

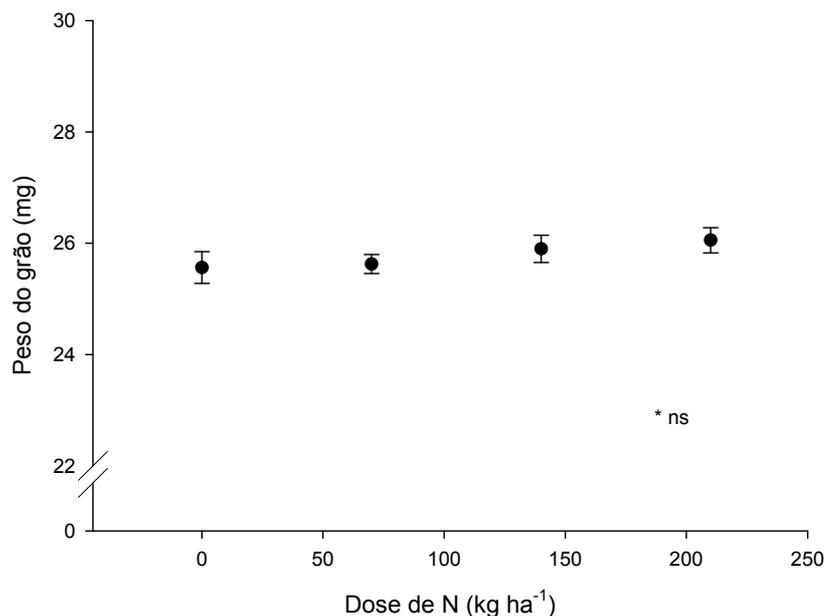


FIGURA 13. Peso do grão de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão. *ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.5.4 Esterilidade de espiguetas

Para esterilidade de espiguetas, não foram significativos os efeitos simples de coberturas de solo no inverno e de doses de N aplicadas em cobertura e a interação desses fatores (Figura 14). Os valores de esterilidade de espiguetas observados foram baixos, variando de 14,7% no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada a 11,7% no tratamento que recebeu 210 kg ha⁻¹ de N, na média das quatro coberturas de solo no inverno.

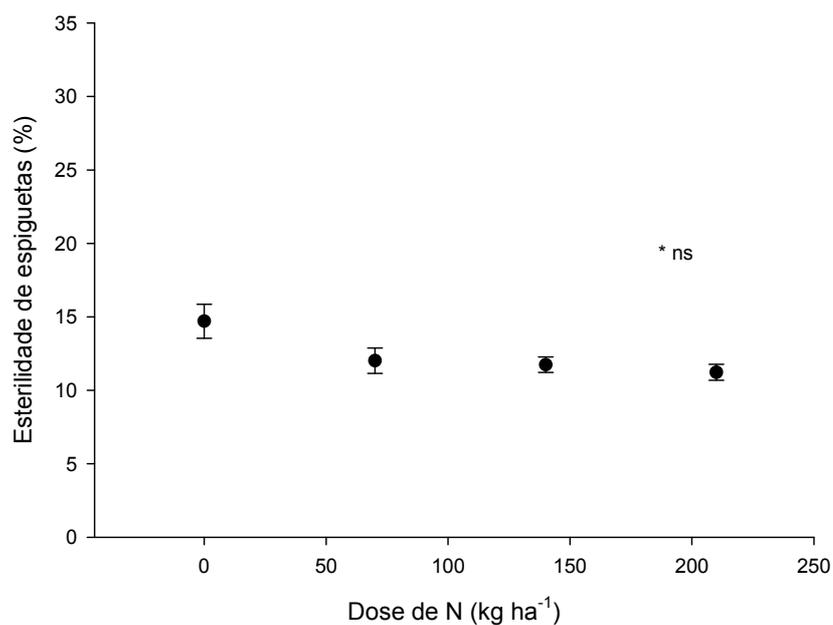


FIGURA 14. Esterilidade de espiguetas de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/08. Barras verticais representam o erro padrão. *ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.6 Eficiência agrônômica do N aplicado (EAN)

Esse parâmetro variou significativamente em função da dose de N aplicada em cobertura. A EAN foi maior na dose de 70 kg ha⁻¹ em relação às duas maiores doses de aplicação (140 e 210 kg ha⁻¹), que não apresentaram diferenças significativas entre si.

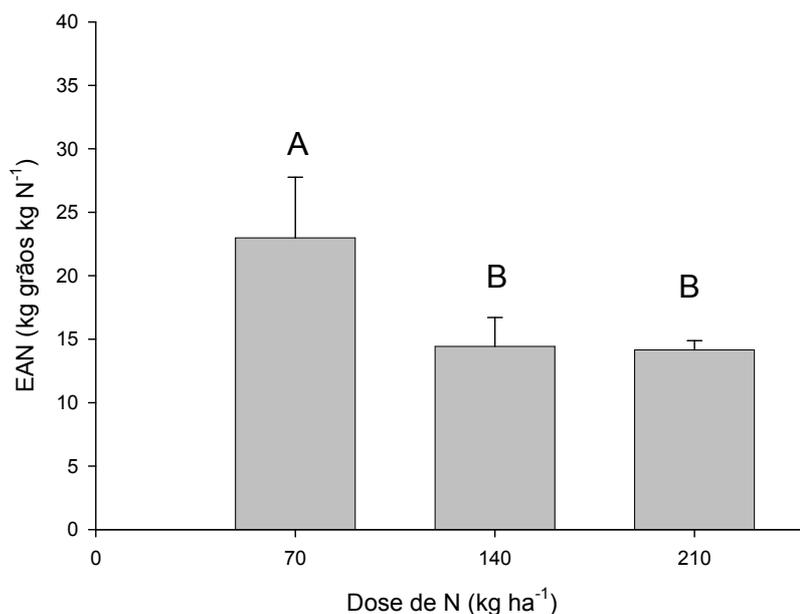


FIGURA 15. Eficiência agronômica do nitrogênio aplicado (EAN), em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/2008. Colunas com mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.7 Qualidade de grãos

4.2.7.1 Rendimento de grãos inteiros

Para esse parâmetro houve apenas efeito simples de doses de N aplicado em cobertura. O rendimento de grãos inteiros aumentou linearmente com o incremento da dose de adubação nitrogenada aplicada (Figura 16). Para cada incremento de 10 kg ha⁻¹ de N, o rendimento de grãos inteiros aumentou 0,13%.

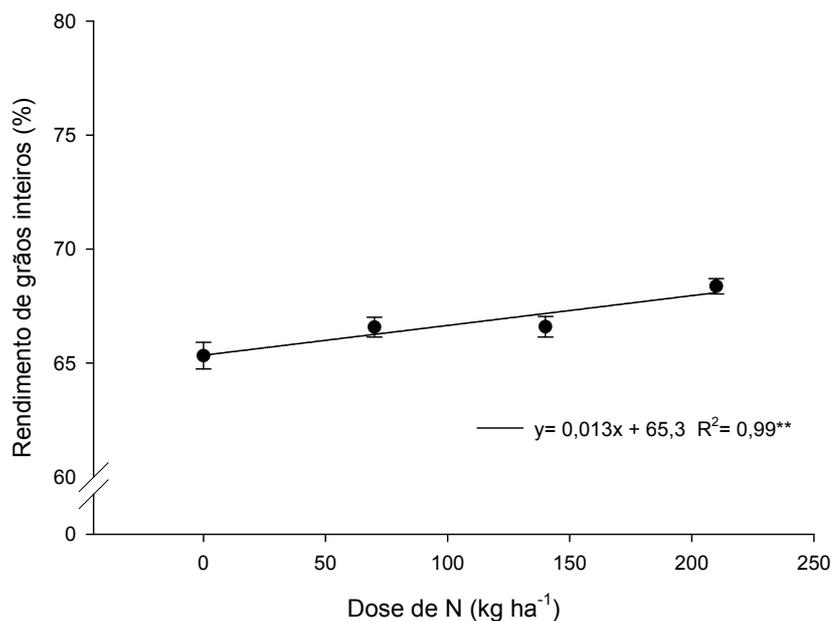


FIGURA 16. Rendimento de grãos inteiros de arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/2008. Barras verticais representam o erro padrão.

4.2.7.2 Teor de proteína nos grãos

Para esse parâmetro, foi significativo apenas o efeito simples de doses de N aplicado em cobertura. O teor de proteína dos grãos aumentou linearmente com o incremento da dose de N aplicado (Figura 17). Para cada incremento de 10 kg ha⁻¹ na dose de N o teor de proteína aumentou em 0,06%.

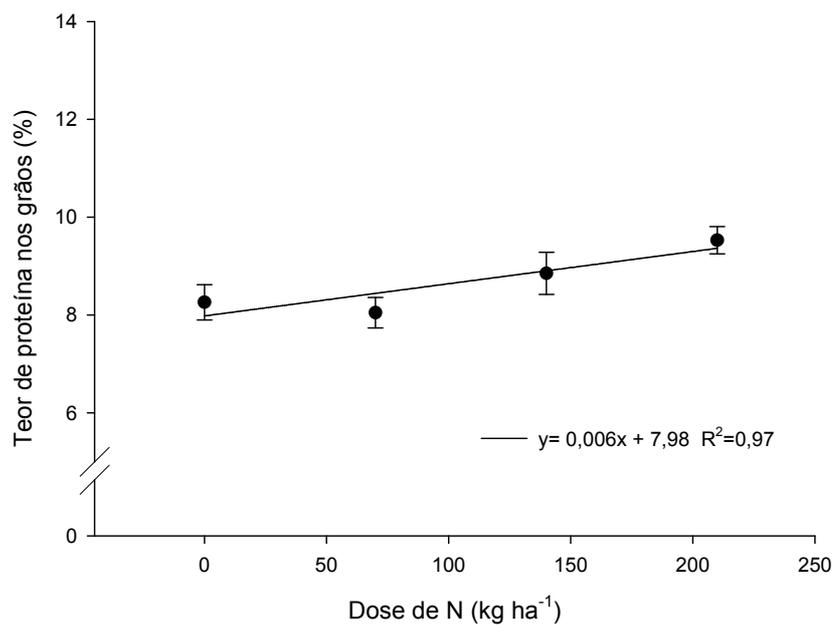


FIGURA 17. Teor de proteína nos grãos arroz irrigado em função de doses de adubação nitrogenada em cobertura, na média de quatro coberturas de solo no inverno. Cachoeirinha, RS. 2007/2008. Barras verticais representam o erro padrão.

5 DISCUSSÃO

Para facilitar a discussão dos resultados, serão abordados inicialmente os aspectos relacionados às coberturas de solo no inverno, em seguida os pertinentes às características agronômicas do arroz irrigado e, por último, os relacionados à qualidade de grãos.

Os rendimentos de matéria seca da parte aérea das espécies leguminosas serradela nativa e cornichão foram de 2,2 e 2,4 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Esses valores são considerados médios, conforme classificação de Amado (2002). O rendimento obtido com a serradela foi um pouco inferior ao obtido em experimento anterior realizado no ano de 2006 no mesmo local, que foi de 3,0 t ha⁻¹ (Vieira *et al.*, 2007). Esse menor rendimento obtido em 2007 pode ser atribuído à época de semeadura tardia (30 de abril) da serradela e ao fato da semeadura ter sido realizada manualmente, enquanto no experimento anterior o rendimento obtido de serradela resultou de uma ressemeadura natural da área.

O mais indicado seria realizar a semeadura dessas duas espécies leguminosas ainda em março, para maior desenvolvimento das plantas sob temperaturas do ar mais elevadas até o final do outono. Durante o inverno diminui a taxa de crescimento dessas espécies devido à ocorrência de temperaturas baixas. A partir de agosto, com o aumento da temperatura, essas

espécies reassumem o crescimento em taxas elevadas e atingem o máximo de rendimento de matéria seca no mês de outubro.

Apesar do menor rendimento de matéria seca da parte aérea obtido com a serradela nativa e o cornichão em relação ao cultivo do azevém, as duas espécies leguminosas apresentaram maior teor de N no tecido e, em consequência, acumularam maior quantidade de N por hectare em relação ao azevém e ao tratamento pousio (Tabela 1), devido ao processo de fixação biológica de N pela simbiose de suas raízes com bactérias diazotróficas.

O azevém, espécie da família das poáceas, produziu alto rendimento de massa seca (acima de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$), conforme classificação de Amado (2002). No entanto, essa grande quantidade de resíduos não reduziu o estabelecimento de plântulas de arroz em sucessão em relação às demais coberturas de solo no inverno avaliado pela densidade inicial (Tabela 2). Esse resultado contraria a hipótese de que os resíduos de azevém prejudicam o estabelecimento inicial de plântulas de arroz devido à alta produção de ácidos orgânicos (Camargo *et al.*, 2001). Também não foi observada visualmente deficiência nutricional de N durante o início do desenvolvimento das plantas de arroz, devido à alta relação C/N dos resíduos de azevém, que reduz a disponibilidade desse nutriente no solo para o arroz em sucessão (Vargas *et al.*, 2005).

Os fatos de não ter havido redução na densidade inicial do arroz e de não haver sintomas visuais de deficiência de N nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas de arroz em sucessão ao azevém podem estar relacionados à antecipação da época de dessecação do azevém (40 dias antes da semeadura do arroz), ao tipo de manejo dado a seus resíduos, que foram roçados em duas ocasiões, e à aplicação na semeadura do arroz de 20 kg ha^{-1}

de N. A adoção dessas práticas de manejo pode ter resultado em aumento da taxa de decomposição dos resíduos de azevém e em redução do período de imobilização do N pelos microorganismos quimiorganotróficos que atuam na sua decomposição. Na cultura do milho, o atraso da semeadura em 20 dias após dessecação da aveia preta (*Avena sativa*) e o aumento da dose de N na semeadura para 30 kg ha⁻¹ evidenciaram ser práticas eficientes para diminuir a competição inicial pelo N do solo entre as plantas de milho e os microorganismos que atuam em sua decomposição (Silva *et al.*, 2006).

Mesmo com o acúmulo de até 64 kg ha⁻¹ de N na parte aérea verificado com o cultivo de cornichão no inverno, não se observou efeito das três espécies de cobertura de solo no arroz cultivado em sucessão para nenhum dos parâmetros avaliados, mesmo no tratamento em que o arroz não recebeu adubação nitrogenada em cobertura. A hipótese de que o arroz cultivado em sucessão a espécies leguminosas atinge as produtividades máximas com menores doses de aplicação de N, devido à contribuição de N pelas leguminosas, não foi confirmada. Contudo, deve-se ressaltar que estes resultados não são definitivos, já que se referem a dados de um experimento, realizado em apenas um local e em uma safra.

Pelo fato da área experimental estar em pousio há quatro anos, a sua fertilidade natural era elevada em relação a áreas com cultivo contínuo de arroz, o que deve ter contribuído para obtenção de rendimentos de grãos de arroz relativamente elevados (superiores a 7,9 t ha⁻¹), mesmo nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura. Esse aspecto aliado à aplicação da dose de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura provavelmente influenciou para que não se

observasse efeito do N presente nos resíduos das coberturas de solo no início de desenvolvimento do arroz.

As retiradas de água durante parte do desenvolvimento da cultura para amenizar os sintomas de toxidez por ferro provavelmente ocasionaram perdas significativas de N do solo, o que também contribuiu para que não fossem observados efeitos da maior quantidade de N acumulada na parte aérea das duas espécies leguminosas na cultura do arroz em sucessão. Como não foram significativos os efeitos das coberturas de solo no arroz cultivado em sucessão, serão discutidos a seguir apenas os efeitos simples de doses de adubação nitrogenada nas características relacionadas ao desenvolvimento da planta e à qualidade de grãos do arroz.

Os rendimentos de grãos de arroz obtidos no experimento foram elevados, situando-se na faixa de 7,9 a 10,9 t ha⁻¹ (Figura 8), mesmo no tratamento sem aplicação de N em cobertura e sob condições em que as plantas evidenciaram fortes sintomas de toxidez por ferro. O ganho de rendimento de grãos com aplicação da dose de 210 kg ha⁻¹ foi de 3,0 t ha⁻¹ em relação à testemunha sem N. Esse valor está de acordo com o incremento obtido por Schoenfeld *et al.* (2007 e 2008) que testaram a adubação por faixas de incremento, proposta pelas novas recomendações de adubação e calagem do arroz irrigado (SOSBAI, 2007). Contudo, o incremento proposto pelas novas recomendações se dá em relação à testemunha sem adubação, e nesse experimento a adubação de base foi elevada para N, P e K. Assim, o incremento observado no rendimento de grãos pode ser considerado elevado, sendo devido principalmente à adubação nitrogenada, já que os níveis de P e K₂O não foram limitantes.

Dentre os fatores determinantes dos elevados rendimentos obtidos, mesmo nos tratamentos sem aplicação de N, pode-se citar, além da adubação de base para altos rendimentos, a semeadura na época preferencial, a alta fertilidade natural do solo da área experimental e o uso de uma cultivar (IRGA 424) com elevado potencial produtivo. Resultados recentes de pesquisa evidenciaram que a cultivar IRGA 424 necessita de maior adubação de base e de N em cobertura para expressar seu potencial produtivo em relação a outras cultivares (Schoenfeld *et al.*, 2007).

A semeadura do arroz na época preferencial propicia sincronia entre alta incidência de radiação solar e a máxima área foliar da planta, além de diminuir os riscos de dano por frio no final de seu ciclo. No estado do Rio Grande do Sul, os meses com maior radiação solar são dezembro e janeiro. A coincidência da ocorrência da floração e do início do enchimento de grãos nesses meses é um dos fatores determinantes para recomendação da época de semeadura.

A alta incidência de radiação solar verificada na época de semeadura preferencial é importante para maior produção de massa seca, pois o nitrato absorvido deve ser reduzido a nitrito através da enzima nitrato redutase, que tem sua atividade regulada pela intensidade luminosa e pelo nível de carboidratos disponíveis (Sivasankar & Oaks, 1996). Além disso, a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa modula a absorção do N, pois o transporte de nitrato para dentro das células é um processo ativo, dependente do bombeamento de prótons H^+ para fora da célula (Bredemeier & Mundstock, 2000). Portanto, a semeadura na época preferencial contribuiu muito para a elevada resposta observada no rendimento de grãos com o

incremento da adubação nitrogenada, devido à maior eficiência de uso do N aplicado.

O componente do rendimento mais associado à resposta do rendimento de grãos ao incremento da dose de N aplicada foi o número de grãos por panícula, que aumentou linearmente (Figura 12). Embora não tenha sido significativo estatisticamente, o número de panículas m^{-2} também foi numericamente superior nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada em cobertura em relação à testemunha sem aplicação de N (Figura 11). Já os outros dois componentes, peso do grão (Figura 13) e porcentagem de esterilidade de grãos (Figura 14) não variaram em função do incremento da adubação nitrogenada.

O peso do grão é o componente do rendimento mais estável na cultura do arroz, sendo característico para cada cultivar (Yoshida, 1981). Já a esterilidade de espiguetas varia conforme a cultivar e as condições climáticas que ocorrem durante a estação de crescimento e, em especial, durante a fase reprodutiva da cultura. Os valores de esterilidade de espiguetas observados foram baixos (menores que 15%), o que pode explicar a eficiente recuperação das plantas da toxidez por ferro. Embora não significativo, o incremento da dose de N tendeu a diminuir a esterilidade de grãos (Figura 14), o que também pode ter contribuído para o aumento do rendimento com o incremento da adubação nitrogenada.

Outro fator que contribuiu para a alta resposta do rendimento de grãos do arroz à adubação nitrogenada em cobertura, foi o grande incremento verificado no rendimento de matéria seca da parte aérea, avaliado nos estádios V_{10} , florescimento e colheita (Figuras 2, 6 e 8), pois há alta associação entre

rendimento de grãos e rendimento de matéria seca (Duy *et al.*, 2004). Segundo esses autores, o número e o tamanho de espiguetas são determinados pela matéria seca acumulada antes do florescimento, enquanto o peso do grão é função da translocação de fotoassimilados e da taxa e da duração da fotossíntese após o florescimento. Por sua vez, o rendimento de matéria seca é definido pelas características genéticas da cultivar, pelas condições de ambiente e pelas práticas de manejo aplicadas na cultura.

Com o incremento da adubação nitrogenada em cobertura apenas os teores de N e Mg no tecido vegetal aumentaram linearmente na avaliação realizada no estágio V10 (Figuras 3 e 4). Os teores dos outros macronutrientes avaliados (P, K, Ca) não foram afetados. Por serem constituintes da molécula de clorofila (Barbosa Filho, 1987), os aumentos observados nos teores desses dois nutrientes no tecido vegetal provavelmente proporcionaram maior síntese de clorofila nas plantas nos tratamentos que receberam maior dose de aplicação de N.

Com maior quantidade de N acumulada nos tecidos em resposta à aplicação de N, a produção de fotoassimilados pelas plantas é maior, pois esse nutriente é um dos principais componentes da clorofila, pigmento que absorve energia solar e desencadeia o processo fotossintético nas plantas (Taiz & Zeiger, 2004). Menores rendimentos de grãos e número de panículas por metro quadrado na época de semeadura tardia em relação à época preferencial foram relacionados ao menor acúmulo de N nas plantas de arroz irrigado (Freitas, 2007). No presente trabalho, o arroz aumentou os rendimentos de grãos (Figura 10) e de matéria seca da parte aérea (Figuras 2, 6 e 8) com o incremento da dose de N aplicada. Em trabalho conduzido anteriormente na

mesma área, Mariot *et al.* (2003) relataram que na faixa de 0 a 120 kg N ha⁻¹ a resposta do rendimento de grãos da cultivar IRGA 417 à adubação nitrogenada foi linear, enquanto a da cultivar BR-IRGA 410 foi quadrática. Para a cultivar IRGA 424, recentemente liberada para cultivo, Schoenfeld *et al.* (2007 e 2008) relataram resposta a doses superiores a 180 kg ha⁻¹ de N, sem haver problemas com acamamento de plantas.

Além do N, os demais nutrientes não foram limitantes à cultura, uma vez que os teores de P e K na análise inicial da área estavam na faixa muito alto e médio, respectivamente (CQFS-RS/SC, 2004) e se aplicou a adubação de base para se obter ganhos de produtividade de mais de 4 t ha⁻¹.

As cultivares de arroz diferem quanto às capacidades de absorção e utilização de nutrientes, inclusive do N (Fageria *et al.*, 2007). A cultivar IRGA 424, testada em quatro diferentes localidades, respondeu a incrementos de adubação nitrogenada a doses superiores a 180 kg ha⁻¹ de N (Schoenfeld *et al.*, 2008). No presente experimento, essa cultivar respondeu até a aplicação de 249 kg ha⁻¹ de N, sem apresentar sintomas de acamamento, o que é surpreendente. Isso se deveu possivelmente, à significativa perda de N ocasionada pelos diversos ciclos de irrigação e drenagem da área experimental durante o desenvolvimento da cultura para minimizar os efeitos da toxidez por Fe observados a partir do estágio V₈. A estratégia de retirar a água durante parte do ciclo da cultura, acompanhada da adição suplementar de N em relação às doses inicialmente previstas e de K em cobertura e do uso de uma cultivar considerada tolerante à toxidez por ferro (Cruz *et al.*, 2007), evidenciaram ser estratégias eficientes para minimizar os efeitos prejudiciais da toxidez por ferro. Já a adição prévia de calcário na área, antes da instalação

das coberturas de inverno, não foi eficaz para evitar o aparecimento dos sintomas de toxidez. Mesmo assim, pode-se afirmar que houve redução do potencial produtivo dessa cultivar em comparação com uma área em que não tivesse havido problemas com toxidez por ferro.

Ao se comparar a eficiência agronômica de uso do N aplicado (EAN), obteve-se maior rendimento de grãos por kg de N aplicado no tratamento com aplicação da menor dose de N (Figura 15). Com o incremento da dose de N de 70 para 140 a EAN diminuiu em 42%. Já com o incremento da dose de N de 140 para 210 kg ha⁻¹ a EAN praticamente manteve-se a mesma, uma vez que o aumento do rendimento de grãos seguiu a mesma proporção do incremento da dose de N entre esses dois níveis de adubação.

A EAN obtida com a aplicação da dose de 140 kg ha⁻¹ foi de 14 kg de grãos por kg de N aplicado. Esse valor é inferior ao obtido por Freitas (2007) em experimento realizado no mesmo local na estação de crescimento anterior, que relatou EAN de 25 kg de grãos para cada kg de N aplicado, utilizando uma dose um pouco inferior (120 kg ha⁻¹ de N). Essa diferença pode ser atribuída à resposta diferencial entre cultivares, à adubação nitrogenada, ao elevado rendimento obtido nos tratamentos testemunha e às prováveis perdas de N ocorridas no presente experimento, discutidas anteriormente.

A qualidade de grãos de arroz expressa pelo rendimento de grãos inteiros e pelo teor de proteína dos grãos, foi influenciada somente pela adubação nitrogenada em cobertura. O rendimento de grãos inteiros foi elevado, situando-se acima de 65% (Figura 16), e aumentou linearmente com o incremento da dose de adubação nitrogenada. Houve aumento de 3% no rendimento de grãos inteiros com a aplicação de 210 kg ha⁻¹ de N em relação

ao tratamento sem aplicação de N. Maior rendimento de grãos inteiros no beneficiamento com o incremento da adubação nitrogenada já tinha sido observado previamente (Barbosa Filho & Fonseca, 1994). Esses autores atribuem esse aumento à elevação na porcentagem de grãos translúcidos com o incremento da adubação, os quais são mais resistentes à quebra no processo de brunimento.

Em nível nacional, tem sido atribuído ao arroz em casca o rendimento de benefício base de 68%, constituído de 40% de rendimento de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados, considerados depois do produto descascado e polido (Vieira e Carvalho, 1999). A obtenção de elevados valores para essa característica agrônômica é importante para aumentar o lucro do produtor, já que interfere significativamente na formação do preço pago ao mesmo na comercialização dos grãos. Nas operações de comercialização da CONAB, por exemplo, o preço mínimo do arroz tipo 1, classe longo fino e com 50 a 56% de grãos inteiros, é de R\$ 0,41 kg⁻¹, enquanto o preço mínimo do arroz com mais de 63% de grãos inteiros é de R\$ 0,48 kg⁻¹ (Conab, 2008b).

Além de aumentar o rendimento de grãos e o rendimento de grãos inteiros, o incremento da adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor de proteína nos grãos de arroz (Figura 17), refletindo-se em maior valor nutricional dos mesmos. Com a aplicação de 210 kg ha⁻¹ de N o teor de proteína nos grãos aumentou 18% em relação à testemunha sem aplicação de N. Incrementos nos teores de proteína nos grãos com incremento da adubação nitrogenada de até 19% também foram relatados por Vieira *et al.* (2007), em experimento conduzido com arroz (Cv. IRGA 420) na mesma área experimental. Em cereais, as sínteses de proteína e de amido competem por

fotoassimilados durante o período de enchimento de grãos (Kelling & Fixen, 1992). Quando a necessidade de N para enchimento de grãos é adequada, esse nutriente é direcionado para a síntese de proteínas.

Além de propiciar maior qualidade nutricional do arroz, o teor de proteína nos grãos pode estar associado ao potencial fisiológico das sementes, porque as proteínas catalisam reações químicas ou são utilizadas para formar novos tecidos nos pontos de crescimento do embrião (Marcos Filho, 2005). Esse fato está relacionado à eficiência do metabolismo, à velocidade de formação e ao vigor das plântulas. Lotes de sementes de arroz com maior qualidade fisiológica apresentam maiores teores de proteína bruta e resultam em maior emergência de plantas a campo (Bortoloto *et al.*, 2008). Assim, o aumento do teor de proteína nos grãos com incremento da adubação nitrogenada pode também ser vantajoso do ponto de vista agrônomo para o agricultor, já que sementes provenientes de lavouras conduzidas com adequada nutrição de N têm mais reservas e geram plantas com maior vigor inicial.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e considerando as condições do local de realização da pesquisa, pode-se concluir que:

As coberturas de solo no inverno não afetam o desempenho agrônômico do arroz irrigado cultivado em sucessão, independentemente da dose de adubação nitrogenada.

Sob condição não limitante dos demais macronutrientes, há alta resposta do rendimento de grãos à aplicação de N em cobertura.

Os significativos ganhos de rendimento de grãos obtidos em função da adubação nitrogenada estão associados aos incrementos do número de grãos por panícula, do rendimento de matéria seca da parte aérea e das quantidades de macronutrientes acumulados na parte aérea da planta.

A aplicação de N contribui para melhoria da qualidade nutricional dos grãos de arroz, expresso em termos de teor de proteína, e aumenta a receita do orizicultor, pelo aumento do rendimento de grãos inteiros.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK. **Cotações de produtos agrícolas:** consulta de preço pago ao produtor. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/cotacoes/index.asp>>. Acesso em: 12 out. 2008.

AITA, C.*et al.* Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.157-165, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Indicação de adubação nitrogenada no RS e SC adaptada ao uso de plantas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.241-248, 2002.

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

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. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.874-919.

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JÚNIOR, F.J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.) **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.23-44.

BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R.; FAGERIA, N.K. Soil-plant interaction on nutrient efficiency in plants: an overview. In: BALIGAR, R. V.; DUNCAN, R. R. (Ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic, 1990. p.351-373.

BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZETTI, S. (Coord.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap.13, p.217-231.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9)

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.

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.

BREDEMEIR, 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.

BORTOLOTO, R.P. *et al.* Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.513-520, 2008.

CAMARGO, F.A.O. *et al.* Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.523-529, 2001.

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, n.3, p.1011-1018, 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: intenção de plantio, primeiro levantamento**. 2008a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 de out. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Manual de operações CONAB**. 2008b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/moc.php?aMOC=31>>. Acesso em: 17 de out. 2008.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS- Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

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, R. *et al.* IRGA 424: Nova opção de cultivar com adaptação e produtividade para zona sul do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v.1, p.99-101.**

DIAS, A.D. *et al.* Desempenho do arroz irrigado em plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995, Porto Alegre. **Anais... Porto Alegre: IRGA, 1995. p.146-149.**

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.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : EMBRAPA, 1999. 412p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**. New York, v.88, n.1, p.97-185, 2005.

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

FAO, 2004. **Rice and human nutrition**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy. Disponível em <<http://www.fao.org/rice2004/en/fsheet/factsheet3.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

FREITAS, T.F.S de. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. 67 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.

GREENLAND, D.J. The sustainability of rice farming. Oxon : CAB International Rice Research Institute, 1997. 273p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Nona estimativa da safra nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=10>. Acesso em: 05 de out. de 2008.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. IRGA. **Projeto 10: Evolução da produtividade nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20070919115541.pdf>>. Acesso em: 12 de set. 2008.

LOPES, S.I.G. **Eficiência da adubação potássica e distribuição radicular do arroz irrigado**. 1991. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-

Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

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

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.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARIOT, C.H.P. *et al.* Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.233-241, 2003.

MENEZES, V.G.*et al.* Serradela nativa: uma alternativa de inverno para as várzeas do sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.415, p.19-22, 1994.

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

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.

OLK, D.C.*et al.* Chemical stabilization of soil organic nitrogen by phenolic lignin residues in anaerobic agroecosystems. [Soil Biology and Biochemistry](#), San Francisco, v.38, n.11, p.3303-3312, 2006.

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.

REGO, P.G. Economia das rotações de cultura em plantio direto. **Revista Mensal Batavo**, n.31, 1994. p.20-28.

RHEINHEIMER, D.S. *et al.* 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.

ROSSATO, R.R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo em plantio direto**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do

Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

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

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.107-114, 1992.

SCHOENFELD, R. *et al.* Estratégia de adubação para incremento de produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 27., 2007. Pelotas, RS. **Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2007. v.1, p.555-558.

SCHOENFELD, R. *et al.* Estratégia de adubação para incremento de produtividade do arroz irrigado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **Anais...: FertBio 2008: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: Londrina, 2008.CD-ROM**.

SILVA, P.R.F. da *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.

SIVASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants – the effect of metabolites and light. **Plant Physiology Biochemistry**, Columbia, v.34, n.5, p.609-620, 1996.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27., 2007. Pelotas, 2007. 154p.

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 Agrocência**, Pelotas, v.8, n.3, p.231-235, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

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

TIROL-PADRE, A. *et al.* Grain yield performance of rice genotypes at suboptimal levels of soil N as affected by N uptake and utilization efficiency. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.46, n.1-3, p.127-143, 1996.

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) - 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**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.

VIEIRA, V.M. *et al.* Potencial da serradela nativa em disponibilizar nitrogênio para o arroz irrigado em sucessão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 27., 2007, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v.1, p.604-606.

VIEIRA, N.R.A.; CARVALHO, J.L.V. Qualidade tecnológica In: VIEIRA, N.R.A. *et al.* (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 604p.

WASSMAN, R. *et al.* Methane emissions from rainfed rice. In: FRAGILE lives in fragile ecosystems. Philippines: International Rice Research Institute, 1995. p.217-225.

WITT, C. *et al.* Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and crop productivity of irrigated rice systems. **Plant Soil**, Crowley, v.225, n.1 p.263-278, 2000.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.

APÊNDICE – Resumo da análise de variância das características avaliadas. Cachoeirinha, RS. 2007/08.

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		Densidade inicial	Nº de perfilhos planta ⁻¹	Nº de colmos m ⁻²	Rendimento de MS em V ₁₀	Teor de N em V ₁₀	Quantidade de N acumulado em V ₁₀
Bloco	12	5154*	1,6 ^{ns}	66606**	246665 ^{ns}	0,08*	334*
Cobertura de solo	3	1051 ^{ns}	3,3 ^{ns}	41006 ^{ns}	36530 ^{ns}	0,05 ^{ns}	239 ^{ns}
Dose de N	3	697 ^{ns}	10,6**	427420**	5533646**	0,70**	5982**
Cobertura* dose de N	9	968 ^{ns}	1,1 ^{ns}	16495 ^{ns}	84492 ^{ns}	0,02 ^{ns}	52 ^{ns}
CV(%)		24,7	29,1	13,6	15,5	11,8	19,8

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

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

^{ns}Não significativo

APÊNDICE (Continuação)

Causas de variação	GL	Quadrados médios ¹				Quantidade de P acumulada em V ₁₀
		Teor de P em V10	Teor de K em V10	Teor de Ca em V10	Teor de Mg em V10	
Bloco	8	0,003 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	6,0*
Cobertura de solo	3	0,0003 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Dose de N	3	0,0001 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,01**	26,6**
Cobertura* dose de N	9	0,0005 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	2,0 ^{ns}
CV(%)		9,1	9,2	10,8	17,1	21,0

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

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

^{ns}Não significativo

¹Avaliações com três repetições

APÊNDICE (Continuação)

Causas de variação	GL	Quadrados médios ¹				
		Quantidade de K acumulado em V10	Quantidade de Ca acumulado em V10	Quantidade de Mg acumulado em V10	Teor de N no florescimento	Quantidade de N acumulado no florescimento
Bloco	8	245 ^{ns}	2,3 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,05*	2881**
Cobertura de solo	3	51 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,003 ^{ns}	533 ^{ns}
Dose de N	3	1534**	55,4**	45,7**	0,04 ^{ns}	4382**
Cobertura* dose de N	9	111 ^{ns}	4,8 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,02 ^{ns}	793 ^{ns}
CV(%)		22,0	17,4	24,8	16,3	23,7

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

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

^{ns}Não significativo

¹Avaliações com três repetições

APÊNDICE (Continuação)

Causas de variação	GL	Quadrados médios ¹			
		Quantidade de P acumulado no florescimento	Quantidade de K acumulado no florescimento	Quantidade de Ca acumulado no florescimento	Quantidade de Mg acumulado no florescimento
Bloco	8	331**	4060**	303**	184**
Cobertura de solo	3	14 ^{ns}	613 ^{ns}	30 ^{ns}	8 ^{ns}
Dose de N	3	311**	6196**	579**	150*
Cobertura* dose de N	9	53 ^{ns}	733 ^{ns}	59 ^{ns}	28 ^{ns}
CV(%)		21,0	18,8	24,0	28,0

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

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

^{ns}Não significativo

¹Avaliações com três repetições

APÊNDICE (Continuação)

Causas de variação	G L	Quadrados médios					EAN
		Rendimento de MS no florescimento	Quantidade de N acumulado no florescimento	Rendimento de MS na colheita	Quantidade de N acumulado na colheita	Rendimento de grãos	
Bloco	1 2	9088523**	3004**	2604707 ^{ns}	263 ^{ns}	2496963**	175*
Cobertura de solo	3	1110438 ^{ns}	144 ^{ns}	437860 ^{ns}	54 ^{ns}	368074 ^{ns}	57 ^{ns}
Dose de N	3	37027393**	5041**	26067041**	1386**	25618222**	540**
Cobertura* dose de N	9	3837850 ^{ns}	1573 ^{ns}	1365820 ^{ns}	99 ^{ns}	909538 ^{ns}	147 ^{ns}
CV(%)		13,6	25,4	15,0	23,7	8,8	28,9

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

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

^{ns}Não significativo

APÊNDICE (Continuação)

Causas de variação	Quadrados médios						
	GL	Número de panículas m ⁻²	Nº de grãos por panícula	Peso do grão	Esterilidade de espiguetas (%)	Teor de proteína nos grãos	Rendimento de grãos inteiros
Bloco	12	8839 ^{ns}	213 ^{**}	1,1 ^{ns}	16,6 ^{ns}	3,5 [*]	3,4 ^{ns}
Cobertura de solo	3	12607 ^{ns}	169 ^{ns}	0,29 ^{ns}	7,7 ^{ns}	1,9 ^{ns}	5,4 ^{ns}
Dose de N	3	23877 ^{ns}	262 [*]	0,84 ^{ns}	30,8 ^{ns}	7,1 ^{**}	25,1 ^{**}
Cobertura* dose de N	9	12558 ^{ns}	72 ^{ns}	1,0 ^{ns}	15,7 ^{ns}	1,6 ^{ns}	3,4 ^{ns}
CV(%)		16,7	10,5	3,4	25,5	14,1	2,7

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

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

^{ns}Não significativo

VITA

Douglas Batista Jandrey, filho de Egon Jandrey e Zenaide Batista Jandrey, nasceu em 18 de outubro de 1982, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Concluiu o ensino médio no Colégio Farroupilha. Em 2002 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.

Graduou-se Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2006 e em março de 2007 iniciou o curso de Mestrado em fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.