

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

RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO À DENSIDADE DE  
SEMEADURA E À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ÁREA COM  
RIZIPISCICULTURA

Rafael de Campos Carmona

Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos  
requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Maio de 2002

*Dedicatória*

Aos meus pais Paulo e Cleci e aos meus avós Nero e Hilda, pela dedicação com minha formação, atenção e ensinamentos prestados durante todos estes anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Paulo Regis Ferreira da Silva pela orientação e ensinamentos durante os cursos de Graduação e Pós-Graduação e, acima de tudo, pela amizade e paciência.

Ao Senhor Dirceu Moreira da Costa por ter cedido sua propriedade para a realização deste trabalho, ter me ajudado sempre que possível nos mais diversos aspectos, além de contribuído com seu grande conhecimento sobre orizicultura e rizipiscicultura. Mas, sobretudo, pela amizade.

À Dona Mônica Costa e à sua família pela colaboração, atenção e amizade.

Aos funcionários da Rizipiscicultura Taquaral, do IRGA e da EMATER pela ajuda e transferência de conhecimento.

Aos bolsistas de iniciação científica Mércio Strieder, Elias Suhre, Éverton Forsthofer e Thaís Freitas pelo auxílio na realização deste trabalho e pela dedicação e interesse apresentados.

Ao bolsista e grande amigo Leandro Leonardo Teichmann, que se dedicou ao trabalho de maneira irrestrita.

Ao Dr. Gilber Argenta pelo tempo despendido, ajudando-me sempre que solicitado, pela amizade e parceria. À sua esposa pela compreensão nas horas gastas em sua casa com meus trabalhos.

Aos meus amigos, em especial Thiago Barros, Eduardo Fornari, Juliano Kalil, Alexandre Buss, Thércio Freitas, Carlos Mariot e Jerônimo Salazar pela ajuda e companheirismo.

Ao CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

# RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO À DENSIDADE DE SEMEADURA E À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ÁREA COM RIZIPISCICULTURA<sup>1</sup>

Autor: Rafael de Campos Carmona  
Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva

## RESUMO

A rizipiscicultura caracteriza-se pelo cultivo de arroz irrigado e peixes em consórcio, sendo uma prática milenar realizada em diversos países asiáticos. No Brasil, esta atividade ainda não está muito difundida e os seus benefícios ainda são pouco conhecidos. Com o objetivo de avaliar o efeito de três densidades de semeadura (70, 150 e 230 kg/ha) e de três níveis de nitrogênio (40, 80 e 160 kg/ha) sobre o rendimento de grãos e outras características agrônômicas de duas cultivares de arroz irrigado. Foi conduzido um experimento a campo em Santo Antônio da Patrulha, RS, no ano agrícola 2000/2001. Foram avaliados atributos físicos e químicos do solo, acamamento de plantas, crescimento e distribuição radicular, rendimento de grãos, componentes do rendimento, esterilidade, qualidade de grãos, rendimento de massa seca, índice de colheita e nitrogênio acumulado na parte aérea da planta. A fertilidade e a concentração de raízes na camada mais superficial do solo (0 – 5 cm) são maiores em relação à camada de 5,1 – 15 cm. A elevação da densidade de semeadura na cultivar IRGA 417 resulta em aumento no rendimento de grãos e no acamamento de plantas. Na cultivar IRGA 419 não há efeito do aumento da densidade de semeadura sobre estes parâmetros. Independente da cultivar e da densidade de semeadura, o rendimento de grãos de arroz irrigado e o acamamento de plantas não foram afetados pela adubação nitrogenada. O rendimento de massa seca da parte aérea aumenta com o aumento da densidade de semeadura somente até à DPF. O teor de proteína bruta dos grãos de arroz irrigado é maior na cultivar IRGA 417 do que na cultivar IRGA 419.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (49 p.) Maio, 2002.

## **RESPONSE OF FLOODED RICE CULTIVARS TO SEEDING RATE AND NITROGEN RATE IN AREA WITH RICE-FISH CULTURE<sup>2</sup>**

Author: Rafael de Campos Carmona  
Adviser: Paulo Regis Ferreira da Silva

### **ABSTRACT**

The rice-fish culture, that means cultivate flooded rice associated with fish production, is a millenary activity in various Asian countries. In Brazil, this activity is not so developed and its benefits are unknown. With the objective to evaluate two flooded rice cultivars submitted to three seeding rates and three nitrogen rates in relation to its grain yield and agronomic characteristics, a field experiment was carried out in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, in 2000/2001. In this work was evaluated the physical and chemical soil characteristics, lodging, root distribution and growth, grain yield, yield components, sterility, grain quality, above ground dry matter, yield index and accumulated nitrogen. Soil fertility and root concentration were higher in the upper layer of the soil (0 – 5 cm). Seeding rate increase in the cultivar IRGA 417 lead to higher grain yield and lodging. In cultivar IRGA 419, seeding rate effect was not observed to these parameters. Independently of the cultivar and of the seeding rate, grain yield and lodging were not affected by N rate. Dry matter production increases with the increase in seeding rate only until DPF. Protein grain content is higher in the cultivar IRGA 417 than in the cultivar IRGA 419.

---

<sup>2</sup>Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (49 p.) Maio, 2002, Year.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	VII
<b>ABSTRACT</b> .....	VIII
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	IX
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	XII
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
3.1. Atributos físicos e químicos do solo.....	20
3.2. Acamamento de plantas.....	21
3.3. Rendimento de massa seca de raízes, parte aérea e razão parte aérea/raízes.....	23
3.4. Rendimento de grãos.....	25
3.5. Componentes do rendimento.....	26
3.5.1. Densidade inicial de plântulas.....	26
3.5.2. Número de perfilhos férteis por planta.....	28
3.5.3. Número de panículas por metro quadrado.....	28
3.5.4. Número de grãos por panícula.....	29
3.6. Esterilidade de grãos.....	30
3.7. Qualidade de grãos.....	31
3.7.1. Rendimento de engenho.....	31
3.7.2. Teor de proteína nos grãos.....	32
3.8. Outras características agronômicas.....	33
3.8.1. Rendimento de massa seca da parte aérea da planta....	33
3.8.2. Índice de colheita.....	35

3.8.3. Nitrogênio total acumulado na parte aérea da planta na colheita .....	36
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>6. APÊNDICES.....</b>	<b>46</b>
<b>7. VITA.....</b>	<b>49</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> – Valores dos atributos físicos e químicos do solo, na camada de 0 - 15 cm, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000.....	15
<b>Tabela 2</b> – Análise dos atributos físicos e químicos do solo, em três estratos, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2001.....	20
<b>Tabela 3</b> – Acamamento de plantas de duas cultivares de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	23
<b>Tabela 4</b> – Rendimento de massa seca de raízes de duas cultivares de arroz irrigado em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	24
<b>Tabela 5</b> – Rendimento de massa seca de parte aérea na colheita e razão parte aérea/raízes de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	24
<b>Tabela 6</b> – Rendimento de grãos de duas cultivares de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	26
<b>Tabela 7</b> – Densidade inicial de plântulas, número de perfilhos férteis por planta, de panículas por metro quadrado e de grãos por panícula de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três densidades de semeadura e de três níveis de nitrogênio, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	27
<b>Tabela 8</b> – Densidade inicial de plântulas, número de perfilhos férteis por planta e de grãos por panícula em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	27
<b>Tabela 9</b> – Número de panículas por metro quadrado em três níveis de adubação nitrogenada e em três densidades de semeadura, na média de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com	

	rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	29
<b>Tabela 10</b>	– Esterilidade de grãos de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média duas cultivares e de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	31
<b>Tabela 11</b>	– Rendimento de grãos quebrados em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	32
<b>Tabela 12</b>	– Teor de proteína nos grãos de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	32
<b>Tabela 13</b>	– Teor de proteína nos grãos em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	33
<b>Tabela 14</b>	– Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas na diferenciação do primórdio floral em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	34
<b>Tabela 15</b>	– Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas na colheita de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	34
<b>Tabela 16</b>	– Índice de colheita (IC) de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	35
<b>Tabela 17</b>	– Índice de colheita (IC) em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	36
<b>Tabela 18</b>	– Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo	

	Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	37
<b>Tabela 19</b>	– Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	37
<b>Tabela 20</b>	– Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de arroz irrigado em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.....	37

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

	<b>Página</b>
<b>Apêndice 1</b> – Resumo das análises de significância para as variáveis analisadas no arroz. Santo Antônio da Patrulha, RS, 2000/2001.....	46

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é um cereal da família das poáceas que apresenta grande importância para o setor agrícola brasileiro. No Rio Grande do Sul, em especial, esta cultura apresenta papel de destaque, sendo cultivada em aproximadamente 900 mil hectares a cada ano (Irga, 2001). Em área, é a terceira cultura mais semeada neste estado, ficando atrás somente da soja e do milho. Com uma produção anual de aproximadamente 5 milhões de toneladas, o RS contribui com mais de 40% do total de arroz produzido no Brasil. A produtividade média de 5,6 t/ha (Irga, 2001) é comparável às produtividades obtidas em países onde o cultivo do arroz irrigado é uma atividade milenar, como China e Japão.

Entre os sistemas de semeadura mais utilizados no RS estão o cultivo convencional, mínimo, pré-germinado e plantio direto com, respectivamente, 44, 35, 11 e 9% da área cultivada (Irga, 2001). O sistema de transplante de mudas também é utilizado, sendo realizado em pequenas áreas, principalmente para produção de sementes. Dentre esses sistemas, o cultivo pré-germinado foi o que mais cresceu no Estado nos últimos cinco anos, passando de apenas 4% da área utilizada em arroz irrigado no ano agrícola 1996/97, para 11% em 2000/2001 (Irga, 2001).

As principais vantagens do sistema pré-germinado em relação aos outros sistemas são: semeadura em época apropriada; maior eficiência no controle de

plantas daninhas (Noldin, 1988), em especial do arroz vermelho e capim-arroz; diminuição dos custos de produção, em função do menor número de operações de preparo de solo e aplicação de herbicidas, promoção da solubilização de nutrientes e da auto-calagem mais cedo (Machado, 1985) e facilidade na realização de todas as operações desde o preparo do solo até a colheita, devida à sistematização do solo.

Dentre as principais desvantagens do sistema pré-germinado podem ser citadas: custos elevados da sistematização da área, aumento do acamamento de plantas em relação aos outros sistemas, diminuição da capacidade de sustentação do solo, aparecimento de espécies de plantas daninhas que não são problemáticas em outros sistemas de cultivo e aumento dos riscos de poluição ambiental e de erosão hídrica pelo arraste de partículas em suspensão na água. Com relação a este último aspecto, podem ser perdidos mais de 60 kg/ha de N, 10 kg/ha de P, 90 kg/ha de K e 5 kg/ha de Ca, além de mais de 10 t/ha de solo, quando o manejo da água não é bem feito (Macedo et al., 2001). Assim sendo, a utilização desse sistema de forma contínua e intensiva pode levar ao esgotamento do solo em poucas safras se não houver reposição dos elementos perdidos. Além disso, o nivelamento e o preparo do solo com água podem, em alguns casos, afetar negativamente a capacidade de sustentação do mesmo, dificultando algumas operações mecanizadas (semeadura, adubação e colheita) e favorecendo o acamamento de plantas.

Devido ao fato de que a orizicultura vem apresentando menor lucratividade ano após ano, faz-se necessária a busca de alternativas capazes de reduzir os seus custos de produção, bem como urgem novas formas de diversificação na

exploração das áreas de várzea. Assim, em áreas onde se cultiva arroz irrigado nos sistemas pré-germinado e transplante de mudas, a rizipiscicultura surge como alternativa para aumentar a lucratividade dos proprietários rurais, seja pelos seus efeitos diretos e indiretos na lavoura, seja pelo aumento de receita devido à implantação da piscicultura em consórcio.

A rizipiscicultura é uma atividade milenar iniciada pelos asiáticos que consiste na criação de peixes em lavouras de arroz irrigado. Embora existam várias formas de conduzi-la, a que vem dando melhores resultados é aquela em que a lavoura de arroz e a criação de peixes ocorrem concomitantemente (Cotrim et al., 1999). Nessa forma de condução, é necessário construir refúgios, que nada mais são que drenos com cerca de 80 cm de profundidade, junto a uma das taipas de cada quadro. Em seguida o arroz é semeado e vinte dias depois são colocados aproximadamente 3000 alevinos por hectare nos quadros com aproximadamente 10 cm de água. Os alevinos são colocados na área com tamanho de cerca de 5 cm.

Diferentes espécies de carpas são utilizadas na rizipiscicultura, as quais têm funções distintas quanto aos seus benefícios ao sistema (Cotrim et al., 1999). A carpa húngara (*Cyprinus carpio var. hungara*), por possuir hábito alimentar bentônico, é a responsável pela ingestão de sementes de espécies de plantas daninhas, além de insetos e moluscos. Além disto, por ter a capacidade de buscar alimento nos estratos superficiais do solo, é responsável pelo seu revolvimento, preparando-o para a semeadura da safra de arroz seguinte. Já a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) é responsável pela eliminação de plantas de espécies daninhas que por ventura ocorram, além de auxiliar na eliminação da resteva. As

duas outras espécies normalmente utilizadas são a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) e a carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*), as quais se alimentam de fitoplâncton e de zooplâncton, respectivamente. Estas duas espécies, embora não tragam efeitos diretos à lavoura, trazem benefícios indiretos pela melhoria da fertilidade do solo através do aumento na concentração de alguns nutrientes, tais como potássio e nitrogênio (Yinhe, 1996; Guanghai et al., 1996). A partir do momento em que os alevinos são colocados na área, a lavoura de arroz e os peixes começam a interagir, de maneira que um beneficia o outro (Cotrim, 1999).

Os hábitos alimentares das espécies de peixes utilizadas em consórcio com arroz irrigado são, talvez, os principais responsáveis pelo sucesso desta associação. Os peixes diminuem a população de plantas daninhas na cultura do arroz (Gadea et. al, 1999; Yinhe, 1996) pois, além de comerem as sementes que estão no solo, também consomem as plantas que já estão emergidas. Além disso, ao revolverem o solo em busca de sementes e insetos, os peixes fazem o seu preparo para a semeadura da safra de arroz seguinte. Eles também se alimentam de insetos (Yinhe, 1996; Fan, 1996; Yan et. al, 1996) e moluscos que ocorrem na lavoura, reduzindo desta forma o uso de herbicidas, inseticidas e de outros produtos químicos. Até mesmo larvas de mosquitos são controladas quando peixes são utilizados em consórcio com arroz irrigado (Fan, 1996).

Vários trabalhos demonstram que a produtividade de grãos de arroz irrigado aumenta com a utilização de peixes em consórcio. Aumentos de produtividade de 14% (Perin, 1985), 14% (Duanfu et. al, 1996), 15% (Yinhe, 1996) e de 23% (Sato & Ishiy, 2001) têm sido relatados. Aumentos de até 55% na produtividade de arroz

irrigado já foram relatados (Noldin, 1982). Estes aumentos de rendimento de grãos têm sido atribuídos, em parte, à diminuição da competição de plantas do arroz irrigado com plantas daninhas com adoção desta prática, tendo em vista que a utilização da rizipiscicultura diminui a sua ocorrência (Gadea e Fischer, 1999). Outra possível causa deste aumento no rendimento de grãos é decorrente do efeito da excreta dos peixes no aumento da fertilidade do solo, devido ao seu alto conteúdo de N e P (Yinhe, 1996), e que tem como consequência a diminuição na necessidade de adubação com estes elementos. O cultivo de peixes em lavouras de arroz irrigado também pode contribuir para aumentar a renda do produtor através da venda dos animais.

Embora tenha muitas vantagens, a utilização da rizipiscicultura também apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Uma delas é o aumento do acamamento de plantas de arroz, que já é um problema no pré-germinado, o que exige cuidados especiais no que diz respeito ao manejo da cultura e do solo. Além disto, a utilização de peixes em consórcio reduz em até 5% a área de cultivo de arroz, devido à necessidade de construção de refúgio para os mesmos (Cotrim et al., 1999). Há também que se computar os custos de implantação do sistema devido à adaptação de quadros, aquisição de alevinos e aos gastos com equipamentos para transporte de peixes e para monitoramento da qualidade da água. Além disto, a utilização da mão de obra é intensificada, pois a criação de peixes demanda considerável força de trabalho, principalmente para povoamento dos quadros e para despesca dos animais.

A rizipiscicultura, embora seja conhecida e praticada há muitos séculos, começou a ser mais difundida a partir da década de 80, quando pesquisadores

chineses começaram a desenvolver grande número de pesquisas em diversas províncias. Esta iniciativa talvez tenha sido a mola propulsora para o grande desenvolvimento desta atividade nos países asiáticos. Entendida, equivocadamente, como atividade exclusiva de pequenas propriedades, a rizipiscicultura vem demonstrando ser passível de implantação tanto em pequenas quanto em grandes propriedades. Ela deve ser considerada como elemento importante, podendo entrar no processo produtivo como atividade principal, de maneira que o manejo da propriedade favoreça a sua prática. Somente esta filosofia fará com que o cultivo de peixes em consórcio com arroz irrigado cresça de maneira satisfatória e realmente traga benefícios ao produtor.

Um outro motivo que faz com que a rizipiscicultura deva ser entendida como uma opção também para grandes áreas, relaciona-se à aquisição de material, como tanques de transporte de peixes e redes, pois o seu custo é significativo para ser amortizado em pequenas áreas. Um terceiro aspecto a considerar é que a comercialização de peixes é facilitada quando se tem grande volume de produção, uma vez que a produção em escala permite a constância na oferta de produto no mercado, que é um dos principais entraves à comercialização de peixes.

O acamamento de plantas em arroz irrigado é um problema que tem sido observado com freqüência nas lavouras gaúchas ao longo do tempo. Ele pode ocorrer de duas formas: através do tombamento total da parte aérea, resultante de uma ineficiente capacidade da região do colo da planta em mantê-la ereta durante todo o ciclo, sendo denominado acamamento “do pé”, ou através do rompimento das fibras do colmo, decorrente, em geral, de uma estrutura debilitada da planta, a

qual tem colmos que não sustentam a sua parte aérea.

Até o início da década de 70, quando eram utilizadas cultivares de arroz irrigado do grupo tradicional, com plantas de estatura elevada, o sistema de cultivo empregado era o convencional e o acamamento por quebra do colmo ocorria com frequência nas lavouras gaúchas, especialmente em áreas com alta fertilidade do solo. Com o desenvolvimento e adoção das cultivares do grupo moderno, com plantas de baixa estatura, o acamamento deixou de ser um problema sério na lavoura orizícola. No entanto, a partir da década de 80 novos sistemas de cultivo começaram a ser implantados no Rio Grande do Sul, dentre eles o pré-germinado. Com o crescimento da área cultivada com este sistema, a partir da segunda metade da década de 90, o acamamento de plantas voltou a ser problema, só que desta feita devido à desestruturação do solo provocada pelo seu método de preparo.

A porcentagem e o tipo de acamamento de planta em arroz irrigado são muito influenciados pelo sistema de cultivo empregado. Enquanto o acamamento “do pé” é observado no sistema pré-germinado, o acamamento por quebra do colmo é característico do sistema de transplante de mudas e dos sistemas de semeadura no seco (Kim et al., 1994).

O ambiente, as características da cultivar e o manejo são fatores que influenciam o acamamento de planta. Dentre os fatores ambientais, tempestades tropicais são, muitas vezes, responsáveis por aumentos significativos na porcentagem de acamamento, sendo que o uso de quebra-ventos pode reduzi-lo (Zhang et al., 1996). Rocha (1996) relatou que após a ocorrência de ventos fortes, a maioria das cultivares de trigo e aveia que estavam sendo testadas em seu

experimento acamou. O tipo de acamamento ocorrido foi o por quebra de colmos, tendo sido observado tanto no estágio de florescimento quanto no de enchimento de grãos, embora em diferentes intensidades para cada cultivar. Uma característica que pode estar associada ao acamamento por quebra de colmo é a menor massa seca dos entre-nós das plantas de arroz acamadas em relação às não acamadas (Wang & Hoshikawa, 1990). Cultivares mais altas, com colmos mais finos e com folhas que têm apenas parte da área de suas bainhas foliares abraçando o colmo, são mais suscetíveis ao acamamento (Arreaudeau & Vergara, 1988).

Dentre as técnicas de controle do acamamento em arroz irrigado, a semeadura em sulcos traz benefícios porque eles servem como ponto de apoio para as plantas e beneficiam o desenvolvimento de raízes (Kokuryu et al., 2000). O controle da densidade de semeadura e da quantidade de nitrogênio aplicada também são estratégias importantes no controle do acamamento, sendo que altas densidades de semeadura e quantidades excessivas de N aumentam o acamamento de plantas (Arreaudeau & Vergara, 1988).

O padrão de distribuição de raízes no perfil do solo é de fundamental importância na cultura do arroz irrigado devido a sua possível associação com o acamamento de plantas. Assim, o aprofundamento do sistema radicular é desejável por aumentar a área de exploração potencial das raízes e por melhorar a fixação da planta ao solo. Segundo Morita & Yamazaky (1993), altos rendimentos de grãos estão relacionados com a dimensão e a distribuição do sistema radicular no solo, sendo vantajosa a distribuição de raízes em camadas mais profundas. Um problema causado pela má fixação da planta ao solo é o

acamamento “do pé”, que ocorre, principalmente, em situações em que o desenvolvimento de raízes é muito superficial.

Muitas são as situações que maximizam este tipo de acamamento de plantas, dentre elas, o uso do sistema de semeadura pré-germinado. Neste sistema, o acamamento de plantas é atribuído à desestruturação do solo causada pela sua forma de preparo e ao fato de ser realizado em áreas sistematizadas, as quais pressupõem aterros das áreas mais baixas dos quadros, havendo com isto acúmulo de grande volume de solo desestruturado nas áreas aterradas.

Outra prática de manejo que pode elevar o acamamento “do pé” é a utilização da rizipiscicultura, embora ela possa aumentar a produtividade da lavoura de arroz (Noldin, 1982; Sato, 2001). Isso se deve ao fato do cultivo de peixes em lavouras de arroz aumentar a fertilidade do solo (Yinhe, 1996; Fan, 1996), principalmente nos estratos superiores, fazendo com que as raízes das plantas de arroz se concentrem nas camadas mais superficiais do solo, o que leva a menor sustentação da planta pelas raízes e, em conseqüência, a maior acamamento.

Nos países em que a rizipiscicultura é realizada em larga escala (China e Japão, principalmente), de maneira geral não são verificados problemas com este tipo de acamamento. Isto talvez se deva ao fato de que nestes países o sistema de cultivo mais utilizado é o de transplante de mudas. Neste sistema, as mudas ao serem transplantadas têm seu sistema radicular enterrado mais profundamente. Sendo assim, as raízes começam a se fixar no solo e reiniciam seu desenvolvimento em camadas mais profundas. Enquanto que a região do colo das plantas de arroz cultivadas no sistema pré-germinado situa-se a 1,1 cm de

profundidade, no sistema de transplante de mudas esta profundidade varia entre 2,9 e 4,0 cm (Kim et al., 1994). Cabe ainda salientar que o padrão de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular variam em função do tipo de solo e do estágio de desenvolvimento da cultura (Slaton et al., 1990) e da cultivar utilizada (Slaton et al., 1990 e Peña et al., 1995).

O aumento observado no teor de N no solo com utilização da rizipiscicultura pode ser importante porque este elemento é essencial às plantas, estando presente na composição de diversas moléculas importantes como ATP, NADH, NADPH, clorofila e inúmeras enzimas. Além disto, faz parte de proteínas e ácidos nucléicos responsáveis pela transferência da informação genética (Harper, 1994; Arima, 1995). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de N é limitante, sendo que este elemento influencia o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Bredemeier & Mundstock, 2000).

No mundo, o nitrogênio é o nutriente mais utilizado como fertilizante, sendo que 60% do seu consumo na agricultura é decorrente do uso para produção de cereais (Alexandratos, 1995). Embora amplamente utilizado, este nutriente apresenta eficiência de uso muito baixa, da ordem de 33% em cereais (Raun & Johnson, 1999). Sendo assim, 67% do N aplicado é perdido de alguma forma. Dentre as principais formas de perda, destacam-se: lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de  $N_2$ ,  $N_2O$  e de outros óxidos de nitrogênio (Anghinoni, 1986). Por outro lado, fatores como erosão, desnitrificação, época de aplicação, sistema de produção e forma de N utilizada dentre outros, exercem papel importante sobre as perdas observadas. Quando uma fonte de N é aplicada em uma área submersa em água, o N pode ser perdido por lixiviação,

principalmente na forma de nitrato (30-50%), desnitrificação, na forma de  $N_2$  (10-30%) e volatilização, na forma de amônia (2-30%) (Ghosh et al., 1998).

Existem várias formas de se maximizar a eficiência de uso do nitrogênio (Raun & Johnson, 1999). Uma delas é o uso de rotação de culturas, utilizando-se leguminosas após os cereais. A utilização de híbridos de arroz que possuam melhor eficiência de utilização e/ou maior capacidade de absorção de N pelas raízes, também é uma maneira de se aumentar a eficiência de uso de N (Yang et al., 1999), ou seja, o maior rendimento de grãos obtido por unidade de N aplicada (Lin & Yuan, 1980). A forma de nitrogênio também pode afetar a eficiência de seu uso. Aumento de 35% no rendimento de grãos na cultura do trigo foi obtido ao se colocar um quarto da adubação nitrogenada na forma de  $NH_4^+$ , ao invés de se aplicar toda a adubação na forma de  $NO_3^-$  (Wang & Below, 1992). A cultura do milho, embora inapta a absorver N na forma de  $NO_3^-$ , foi capaz de absorvê-lo na forma de  $NH_4^+$  (Pan et al., 1984). Adubação foliar, irrigação e agricultura de precisão são outras ferramentas que podem ser utilizadas para melhorar a eficiência de uso deste nutriente em cereais, pois, em geral, estas práticas podem diminuir as suas perdas.

A adubação nitrogenada vem sendo amplamente testada na cultura do arroz irrigado, mas a sua resposta é bastante variável. Barbosa Filho (1987) ressaltou que anos com alta temperatura e radiação solar resultam em maiores respostas do rendimento de grãos à adubação nitrogenada, devido a maior energia fotossintética produzida. Diversos trabalhos testando níveis de nitrogênio aplicado mostraram resposta positiva deste elemento sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado (Wells & Faw, 1978; Amorim Neto et al., 1997; Reis & Soares,

1997; Mariot, 2001). Por outro lado, outros autores não encontraram efeito do nitrogênio sobre o rendimento de grãos ao compararem diversas cultivares em uma mesma localidade (Lopes et al., 1997).

Dentre os fatores afetados pela adubação nitrogenada em arroz irrigado destacam-se o perfilhamento (Fagade & DeDatta, 1971), o número de grãos/panícula, o número de panículas por área e o rendimento de grãos (Mariot, 2001; Bezus et al., 2001). Testando o teor de nitrogênio em grãos de duas cultivares de arroz irrigado, Andrade et al. (2001) encontraram diferença de 6% para este parâmetro. Este resultado demonstra a pequena diferença varietal entre os teores de N encontrados nos grãos para estas cultivares, embora a quantidade de N total exportada possa ser muito variável, em função da produtividade de grãos.

De modo geral, não são obtidas diferenças no rendimento de grãos para uma ampla faixa de densidades de semeadura testadas (Wells & Faw, 1978; Pedroso, 1987; Jones & Snider, 1987; Gravois & Helms, 1992; Silva et al., 1995; Fagundes et al., 1997; Petrini et al., 1997; Mariot, 2001). Em contrapartida, Fagade & DeDatta (1971) encontraram diferenças significativas entre densidades de semeadura para rendimento de grãos.

Testando diferentes espaçamentos entre linhas, Silva et al. (1995) concluíram que espaçamentos menores resultam em rendimentos maiores. À medida que o número de panículas/área aumentou o número de grãos por panícula diminuiu, enquanto o peso de 1000 grãos permaneceu constante (Faw & Porter, 1981). Trabalhando com densidades de semeadura, Wells & Faw (1978) não encontraram diferenças significativas entre as densidades testadas para

rendimento de grãos, com baixos níveis de N aplicados. Mas baixas densidades levaram a maiores rendimentos de grãos quando foram aplicados altos níveis de N.

A densidade de semeadura afeta diretamente o número de perfilhos, sendo que altas densidades resultam em baixo perfilhamento. Além disto, a produção de perfilhos também é afetada pela data de semeadura, cultivar, dentre outros. O motivo pelo qual uma determinada cultivar é capaz de produzir mais perfilhos do que outras é a sua rápida produção de nós (Wu et al., 1998). Para o sistema de cultivo pré-germinado, há aumento no rendimento de grãos de arroz quando há incremento no número de perfilhos até o máximo de 700 perfilhos por m<sup>2</sup> (Miller et al., 1991).

Assim, são importantes estudos para se obter informações regionais dos efeitos do cultivo de peixes em consórcio, tendo em vista que esta atividade tem grande potencial de crescimento no sul do Brasil, mas existem poucos dados de pesquisa para alavancar a atividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo, o acamamento de plantas, o rendimento e a qualidade de grãos, os componentes do rendimento, o rendimento de massa seca da parte aérea, o crescimento e a distribuição de raízes e o nitrogênio acumulado de duas cultivares de arroz irrigado em área com rizipiscicultura, em três densidades de semeadura e em três níveis de nitrogênio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo durante o ano agrícola 2000/2001 em uma área com quatro anos de rizipiscicultura localizada na propriedade privada “Rizipiscicultura Taquaral”, de propriedade do Sr. Dirceu Costa, localizada no município de Santo Antônio da Patrulha – RS, região fisiográfica da Planície Costeira Interna da Lagoa dos Patos, situada a 29° 49' 17" de latitude sul e a 50° 29' 9" de longitude oeste. A altitude média da área é de 7 m.

O clima da região, conforme classificação de Köppen (Brasil, 1973), é do tipo sub-tropical úmido, sendo considerado como de transição entre o Cfa<sub>1</sub> (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa<sub>2</sub> (isoterma anual superior a 18°C) (Moreno, 1961). A temperatura média anual do ar é de 19,4°C, sendo que a média do mês mais frio (julho) é de 14,2°C e a do mês mais quente (janeiro) é de 24,6°C (IPAGRO, 1979).

O solo da área experimental é classificado, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, como Planossolo Hidromórfico (EMBRAPA - SOLOS, 1999). Os valores dos principais atributos físicos e químicos descritos pela análise do solo foram:

**Tabela 1** – Valores dos atributos físicos e químicos do solo, na camada de 0 - 15 cm, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000.

Argila (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Índice SMP	P (mg.L <sup>-1</sup> )	K (mg.L <sup>-1</sup> )	M.O. (%)	CTC (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )
39	5,4	6,1	6,5	87	4,3	26,7

Os tratamentos constaram de duas cultivares de arroz irrigado, três densidades de semeadura e três níveis de nitrogênio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em fatorial 2x3x3, com quatro repetições.

Não foi realizado nenhum tipo de preparo de solo da área, o qual foi feito pelos peixes. Durante a última entressafra do arroz (de abril a outubro de 2000), foi mantida uma lâmina constante de água de, aproximadamente, 80 cm para proporcionar um ambiente mais adequado ao cultivo dos peixes. A densidade de estocagem de peixes nas quatro safras anteriores foi de, aproximadamente, 4000 alevinos/ha. As espécies utilizadas e a proporção relativa de cada espécie constaram de: carpa húngara (*Cyprinus carpio var. hungara*) (70%); carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (20%); carpa prateada (*Hypothalmichthys molitrix*) (5%) e carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) (5%). Desta forma, oito dias após a despesca dos peixes, quando se baixou o nível de água do quadro e se retiraram os peixes do local, realizou-se a semeadura do arroz na área experimental, adotando-se o sistema pré-germinado.

As cultivares de arroz irrigado testadas foram a IRGA 417 e a IRGA 419, as quais se caracterizam por possuir baixa estatura de planta, alta capacidade de perfilhamento, folhas curtas e eretas e grãos longo-finos. Ambas são de ciclo

precoce, sendo que a duração do período entre emergência e maturação plena é de 110 a 115 dias, quando a semeadura é realizada dentro do período recomendado para a região (15 de outubro a 15 de novembro). Estas cultivares foram escolhidas para serem utilizadas neste experimento por serem contrastantes quanto à sua reação ao acamamento de planta no sistema pré-germinado. Enquanto a IRGA 419 é considerada tolerante, a IRGA 417 é suscetível (Irga, 1999).

As densidades de semeadura avaliadas foram 269, 538 e 807 sementes aptas/m<sup>2</sup>, eqüivalendo a aproximadamente 70, 150 e 230 kg/ha de sementes. Os níveis de nitrogênio (N) aplicado em cobertura foram de 80 e 160 kg/ha, tendo sido utilizada uma testemunha sem aplicação de N. Cada unidade experimental constou de uma área de 24 m<sup>2</sup> (6 x 4 m).

O manejo da água após a semeadura foi realizado de maneira que o solo fosse mantido saturado desde a semeadura até o décimo segundo dia após a emergência (DAE), quando se começou a manter uma lâmina de água nas áreas. A altura da lâmina foi aumentada gradativamente até atingir cerca de 8 cm, sendo essa espessura mantida até o ponto de maturação de colheita (estádio 9, da escala proposta pelo IRRI, 1996).

A adubação de base foi realizada a lanço, sete dias antes da semeadura, constando da aplicação de 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio, e 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo. A semeadura foi realizada no dia 01 de novembro de 2000, a lanço e individualmente por unidade experimental. A adubação nitrogenada foi aplicada em duas épocas, sendo 40% na primeira e 60% na segunda, de acordo com as doses estabelecidas nos tratamentos. A

primeira aplicação foi realizada no estágio de desenvolvimento equivalente ao início do perfilhamento, entre os estádios 2 e 3 da escala proposta pelo IRRI (1996). Já a segunda aplicação foi realizada dois a três dias antes do início da diferenciação do primórdio floral (DPF), entre os estádios 3 e 4 desta escala. Utilizou-se uréia como fonte de N.

O controle de plantas daninhas foi realizado 15 dias após a emergência do arroz irrigado, utilizando-se em mistura de tanque os herbicidas quinclorac (375 g/ha) e metsulfuron (3,5 g/ha) para controlar capim-arroz (*Echinochloa sp*) e chapéu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*), respectivamente. Plantas de outras espécies indesejáveis, com incidência esporádica, foram arrancadas manualmente, à medida que iam surgindo.

Após a emergência das plântulas, foi demarcada uma área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5 m) por unidade experimental. Nesta área foi determinada a densidade inicial de plantas, rendimento de massa seca da parte aérea, número de panículas/m<sup>2</sup>, número de grãos/panícula, peso de 1000 grãos e teor de proteína nos grãos. A densidade inicial de plantas foi avaliada 15 dias após a semeadura através da contagem de plântulas emergidas. O rendimento de massa seca da parte aérea na colheita foi obtido através da coleta da parte aérea da planta e secagem do material em estufa a 65°C até que fosse atingido peso constante. Os números de panículas/m<sup>2</sup> e de grãos/panícula foram obtidos através de contagem manual. O teor de N nos grãos foi determinado através de metodologia descrita por Tedesco (1995). Obteve-se o teor de proteína nos grãos multiplicando-se o teor de N por 6,24. O rendimento de grãos foi determinado na área útil de 8 m<sup>2</sup>. O rendimento de engenho (porcentagem de grãos inteiros) e a porcentagem de grãos quebrados

foram determinados a partir de uma amostra de 100 gramas, processada em engenho de provas Suzuki, três meses após a colheita.

O acamamento de plantas foi determinado por ocasião da colheita. Ele foi intensificado pela ocorrência de ventos fortes sete dias antes da colheita. Para quantificar o acamamento de plantas, utilizou-se o método de porcentagem de plantas acamadas, que se caracteriza pela determinação visual do número de plantas acamadas em relação ao número total de plantas da unidade experimental. Nesta avaliação, as bordaduras (50 cm) não foram consideradas, para que não se incorresse em erros provenientes do efeito de bordadura.

Para determinação do rendimento de massa seca de raízes, utilizou-se após a colheita do experimento uma área demarcada de 0,25 m<sup>2</sup>, da qual se retirou um bloco de solo de 15 x 15 x 15 cm para se avaliar a distribuição de raízes no perfil do solo, tendo-se o cuidado em manter a sua estrutura natural. O rendimento de massa seca de raízes por bloco foi determinada em dois estratos de solo. Para tanto, o bloco de solo coletado foi subdividido em duas secções, sendo uma camada mais superficial (0 – 5 cm de profundidade), com volume de 15 x 15 x 5 cm, e outra mais profunda (5,1 – 15 cm), com volume de 15 x 15 x 10 cm. O bloco de solo com as raízes foi lavado para que estas fossem separadas do solo. Uma vez extraídas as raízes, elas foram secas em estufa à temperatura de 65°C até que atingissem peso constante, sendo então determinada a sua massa seca, em mg por bloco. O rendimento de massa seca de raízes foi determinada somente em dois tratamentos, comparando-se as duas variedades de arroz na densidade de semeadura intermediária (538 sementes aptas/m<sup>2</sup>) e no nível de nitrogênio intermediário (80 kg/ha de N).

O rendimento de massa seca da parte aérea foi determinado cortando-se as plantas rente ao solo e secando-as através do mesmo procedimento realizado com as raízes, nos mesmos tratamentos. A razão massa seca da parte aérea/raízes foi obtida dividindo-se o rendimento de massa seca da parte aérea pelo rendimento de massa seca de raízes.

Os parâmetros avaliados foram analisados estatisticamente através do teste F, utilizando-se o programa de processamento de dados SAS. Quando significativo, as comparações entre médias foram realizadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o processamento "mixed".

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise dos parâmetros avaliados estão descritos na seqüência a seguir:

#### 3.1. Atributos físicos e químicos do solo

Ao se analisar a quantidade de argila, não se constataram diferenças entre os estratos (Tabela 2). Já quando foi analisado o teor total de argila, este mostrou-se maior do que os obtidos pela análise por estratos. Este resultado não pôde ser explicado, tendo em vista que os teores de argila deveriam ser semelhantes quando comparada a análise por estratos com a análise total. Não foi observada diferença no pH do solo entre os dois estratos de solo avaliados.

**Tabela 2** – Análise dos atributos físicos e químicos do solo, em três estratos, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2001.

Estrato do solo	Argila (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg.L <sup>-1</sup> )	K (mg.L <sup>-1</sup> )	M.O. (%)	CTC (cmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )
0 – 5 cm	30	5,5	8,7	201	7,2	31,6
5,1 – 15cm	29	5,4	6,9	53	4,1	26,6
0 – 15 cm	39	5,4	6,5	87	4,3	26,7

Os teores de potássio (K), fósforo (P) e de matéria orgânica (M.O.) e a capacidade de troca de cátions (CTC) foram maiores no estrato de 0 – 5 cm em relação ao estrato de 5,1 – 15 cm. Aumentos nos teores de N e K em áreas com utilização de rizipiscicultura têm sido atribuídos ao fato da excreta dos peixes ser rica nestes nutrientes (Yinhe, 1996; Guanghui et al., 1996). Isto pode ser explicado devido ao fato da excreta dos peixes ficar acumulada na camada mais superficial do solo, já que não houve revolvimento do mesmo em áreas onde a rizipiscicultura é praticada.

O teor de fósforo na camada mais superficial do solo foi 26% superior ao do estrato de 5,1 – 15 cm. Estes dados estão de acordo com os obtidos por Yinhe (1996) de que a rizipiscicultura contribui para aumentar os seus teores no solo.

Ao se analisar o teor de K na camada superficial verificou-se que, em relação ao estrato de 5,1 – 15 cm, o estrato de 0 – 5 cm apresentou quantidade de K 379% superior. Aumentos nos teores deste nutriente no solo com utilização de rizipiscicultura também foram observados por Guanghui et al. (1996).

Quanto à matéria orgânica, o estrato superior (0 – 5 cm) apresentou teor 75% superior ao do estrato de 5,1 – 15 cm. Assim, o esterco dos peixes pode ter influenciado a dinâmica da matéria orgânica. Aumentos nos teores de M.O. e no nível de N do solo pela utilização da rizipiscicultura foram, respectivamente, relatados por Fan (1996) e por Xieping et al. (1996).

### 3.2. Acamamento de planta

Para este parâmetro, foi significativa a interação entre cultivar e densidade de semeadura (Apêndice 1).

Somente para a cultivar IRGA 417 o acamamento de plantas aumentou com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 3). O acamamento de plantas foi elevado em ambas as cultivares. A cultivar IRGA 419 não apresentou resposta ao acamamento de plantas, independente da densidade de semeadura testada. Isto pode ser explicado pelo fato de que as cultivares testadas apresentam diferenças intrínsecas, sendo que a IRGA 417 não é recomendada para o sistema pré-germinado por ser mais suscetível ao acamamento, enquanto a IRGA 419 é considerada resistente (IRGA, 1999).

Na comparação entre cultivares, independente da densidade testada, não foram observadas diferenças significativas quanto ao acamamento de plantas. Isto evidencia que o uso da cultivar IRGA 419, considerada tolerante, não se evidenciou uma estratégia eficiente para reduzir o acamamento de plantas em área com rizipiscicultura.

O acamamento de plantas não variou em função do nível de nitrogênio aplicado, independente da cultivar e densidade de semeadura (Apêndice 1). Este resultado contradiz os obtidos por Arreadeau & Vergara (1988), que relataram aumento no acamamento de plantas com a elevação dos níveis de nitrogênio.

**Tabela 3** – Acamamento de plantas de duas cultivares de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	IRGA 417	IRGA 419
<b>Acamamento de plantas - %</b>		
70	A 59 b <sup>1</sup>	A 77 a
150	A 76 ab	A 60 a
230	A 82 a	A 60 a

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando densidades) e na linha, médias antecedidas de mesma letra maiúscula (comparando cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.3. Rendimento de massa seca de raízes e de parte aérea e razão parte aérea/raízes

Na colheita dos grãos, ocasião em que foram coletadas as raízes, somente houve diferenças significativas entre estrato do solo para rendimento de massa seca de raízes (Tabela 4). Para ambas as cultivares, o rendimento de massa seca de raízes foi maior no estrato de 0 – 5 cm do que no estrato de 5,1 – 15 cm. Do total de raízes produzidas no estrato de 0 – 15 cm, 76% delas concentram-se no estrato de 0 – 5 cm. Os resultados obtidos demonstram que as raízes das plantas de arroz irrigado concentram-se nas camadas mais superficiais do solo. Setenta dias após a emergência, entre 52 e 82% das raízes de plantas de arroz encontravam-se nos quatro primeiros centímetros do solo, dependendo da cultivar e do sistema de cultivo empregado (Peña et al., 1995). A distribuição do sistema radicular dá-se quase em sua totalidade no primeiros 20 cm do solo (Peña et al., 1995). Maiores concentrações de raízes de arroz na camada de 0 – 5 cm também foram relatadas por Lopes et al. (1994). Lopes et al. (1991) e Teo et al. (1995) encontraram, respectivamente, 87 e 90% das raízes distribuídas nos primeiros 20

cm do solo. Segundo Yoshida (1981), dificilmente o sistema radicular do arroz irrigado se desenvolve a mais de 40 cm de profundidade.

**Tabela 4** – Rendimento de massa seca de raízes de duas cultivares de arroz irrigado em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Estrato do solo - cm	IRGA 417	IRGA 419
<b>Massa seca de raízes – g/225 cm<sup>2</sup> de área</b>		
0 – 5	A 3,44 a	A 3,51 a
5,1 – 15	A 1,06 b	A 1,01 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando estratos), e na linha, médias antecedidas de mesma letra maiúscula (comparando cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para as variáveis rendimento de massa seca de raízes (Tabela 4), rendimento de massa seca da parte aérea e razão parte aérea/raízes (Tabela 5).

**Tabela 5** – Rendimento de massa seca de parte aérea na colheita e razão parte aérea/raízes de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	
<b>Massa seca da parte aérea – g/225 cm<sup>2</sup> de área</b>	
IRGA 417	14,99 a <sup>1</sup>
IRGA 419	17,59 a
<b>Razão parte aérea/raízes</b>	
IRGA 417	3,33 a
IRGA 419	3,89 a

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando cultivares), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.4. Rendimento de grãos

Para este parâmetro, foi significativa a interação entre cultivar e densidade de semeadura (Apêndice 1). A cultivar IRGA 417 apresentou maior rendimento de grãos que a IRGA 419 somente na maior densidade de semeadura, não sendo observadas diferenças significativas entre cultivares nas demais densidades testadas (Tabela 6).

Na cultivar IRGA 419, o rendimento de grãos não variou em função da densidade. Esta resposta elástica à densidade de semeadura apresentada pela cultivar IRGA 419 vai de encontro a resultados obtidos por outros pesquisadores (Fagundes, 1997; Petrini, 1997 e Mariot, 2001) e é devida à compensação que existe entre os componentes do rendimento em função de densidade. Já na IRGA 417, houve aumento do rendimento de grãos à medida que se incrementou a densidade de semeadura. A resposta do rendimento de grãos à densidade de semeadura varia em função da cultivar. Enquanto a IRGA 416 diminuiu seu rendimento de grãos com aumento da densidade de semeadura, o híbrido XL.S e a cultivar BR-IRGA 410 apresentaram resposta contrária (Rieffel Neto, 1999).

Não foi observado efeito de níveis de nitrogênio aplicado sobre o rendimento de grãos (Apêndice 1). Este resultado deve ser analisado com cuidado, tendo em vista que diversos pesquisadores obtiveram aumentos de rendimento de grãos de arroz irrigado com aumentos nos níveis de N aplicado (Carmona, 1972; Lopes et al., 1999; Mariot, 2001). As diferentes respostas do arroz irrigado à adubação nitrogenada devem-se, em parte, à variação nas condições climáticas sendo que, em anos com maior radiação solar, a resposta é maior (Barbosa Filho, 1987). Em

função disto, necessita-se de resultados de maior número de anos para se obter a resposta de cada cultivar a níveis de N (Machado et al., 1997).

**Tabela 6** – Rendimento de grãos de duas cultivares de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	IRGA 417	IRGA 419
	<b>Rendimento de grãos - kg/ha</b>	
70	A 7,34 b <sup>1</sup>	A 8,74 a
150	A 8,42 ab	A 7,61 a
230	A 8,96 a	B 7,48 a

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando densidades) e na linha, médias antecedidas de mesma letra maiúscula (comparando cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.5. Componentes do rendimento

#### 3.5.1. Densidade inicial de plântulas

Para densidade inicial de plântulas, houve efeito simples de cultivar e densidade de semeadura (Apêndice 1). O número de plântulas por metro quadrado foi maior na cultivar IRGA 419 em relação ao da IRGA 417 (Tabela 7) devido, provavelmente, ao seu maior vigor inicial de sementes já que o poder germinativo das sementes de ambas as cultivares foi igual (88%). O número de plântulas por metro quadrado aumentou com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 8). Este aumento do número inicial de plantas por metro quadrado com incremento da densidade de semeadura era esperado e está de

acordo com o observado por diversos autores (Gravois & Helms, 1992; Menezes, 1996; Rieffel Neto, 1999; Mariot, 2001; Silva et al., 2001).

**Tabela 7** – Densidade inicial de plântulas, número de perfilhos férteis por planta, de panículas por metro quadrado e de grãos por panícula de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três densidades de semeadura e de três níveis de nitrogênio, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	Plântulas/m <sup>2</sup> -n <sup>0</sup> -	Perfilhos férteis/planta -n <sup>0</sup> -	Panículas/m <sup>2</sup> -n <sup>0</sup> -	Grãos/panícula -n <sup>0</sup> -
IRGA 417	330 b <sup>1</sup>	1,5 a	515 b	61 a
IRGA 419	383 a	1,3 b	578 a	53 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 8** – Densidade inicial de plântulas, número de perfilhos férteis por planta e de grãos por panícula em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	Plântulas/m <sup>2</sup> -n <sup>0</sup> -	Perfilhos férteis/planta -n <sup>0</sup> -	Grãos/panícula -n <sup>0</sup> -
70	169 c <sup>1</sup>	1,8 a	64 a
150	303 b	1,4 b	61 a
230	598 a	1,0 c	47 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.5.2. Número de perfilhos férteis por planta

Para este parâmetro, houve efeito simples de cultivar e de densidade de semeadura (Apêndice 1).

A cultivar IRGA 417 apresentou maior número de perfilhos férteis por planta do que a IRGA 419 (Tabela 7). Este resultado evidencia a maior capacidade desta cultivar em recuperar baixas populações iniciais de plantas através de maior produção de perfilhos, já que a densidade inicial de plântulas da cultivar IRGA 419 foi superior a da IRGA 417 (Tabela 7).

À medida que aumentou a densidade de semeadura, o número de perfilhos férteis diminuiu (Tabela 8). Este resultado demonstra a plasticidade da cultura, pois o menor número de plantas obtido em densidades de semeadura mais baixas é compensado pelo maior número de perfilhos por planta (Menezes, 1996; Mariot, 2001).

### 3.5.3. Número de panículas por metro quadrado

Para este parâmetro, foram significativos a interação entre nível de N e densidade de semeadura e o efeito simples de cultivar (Apêndice 1).

Na comparação entre níveis de densidade de semeadura em cada nível de N, observou-se que apenas no tratamento sem N houve resposta ao aumento da densidade de semeadura (Tabela 9). O número de panículas por metro quadrado foi maior na maior densidade de semeadura. Já quando foram comparados os níveis de N dentro de cada densidade proposta, somente na maior densidade houve diferença significativa entre os níveis de N testados, em que o tratamento

sem aplicação de N apresentou maior número de panículas que no nível mais elevado.

A cultivar IRGA 419 produziu mais panículas por metro quadrado do que a IRGA 417 (Tabela 7).

**Tabela 9** – Número de panículas por metro quadrado, em três níveis de adubação nitrogenada e em três densidades de semeadura, na média de duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Nível de N -kg/ha -	Densidade de semeadura – kg/ha -		
	70	150	230
	<b>Panículas/m<sup>2</sup> – n<sup>o</sup></b>		
0	B 458 a <sup>1</sup>	B 495 a	A 732 a
80	A 484 a	A 541 a	A 605 ab
160	A 492 a	A 531 a	A 578 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando níveis de N), e na linha, médias antecedidas de mesma letra maiúscula (comparando densidades) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 3.5.4. Número de grãos por panícula

Houve efeito simples de cultivar e densidade de semeadura para este parâmetro (Apêndice 1).

A cultivar IRGA 417 produziu mais grãos por panícula do que a IRGA 419 (Tabela 7). Inversamente, o número de panículas por metro quadrado da cultivar IRGA 419 foi maior do que o da IRGA 417 (Tabela 7). Já o número de grãos por panícula foi maior na cultivar IRGA 417 (Tabela 7).

O número de grãos por panícula diminuiu à medida que aumentou a densidade de semeadura (Tabela 8). Estes resultados concordam com os obtidos

por Rieffel Neto (1999). Da mesma forma, Mariot (2001) relatou diminuição do número de grãos por panícula com incremento na densidade de semeadura. No entanto, Carmona (1972) e Menezes (1996) não encontraram resposta à densidade de planta para este parâmetro. Sob altas densidades de semeadura há aumento no número de panículas por área, que é compensado pelo menor número de grãos por panícula (Jones & Snider, 1987; Gravois & Helms, 1992). A diminuição da produção de grãos por planta com aumento da densidade de plantas é decorrente do aumento da competição ocasionado pela maior proximidade entre as plantas (Fischer, 1985; Pereira, 1989).

Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso de 1000 grãos (Apêndice 1). Este parâmetro geralmente varia pouco, mas Mariot (2001) encontrou resposta deste parâmetro ao incremento do nível de nitrogênio para a cultivar BR-IRGA 410, porém não para a cultivar IRGA 417.

O arroz apresenta efeito compensatório e competitivo entre perfilhos e entre os componentes do rendimento, o que resulta em estabilidade no rendimento de grãos em função da variação da densidade de semeadura (Wu, et al., 1998). Assim, densidades de semeadura mais baixas resultam em maior perfilhamento e maior número de grãos por panícula (Wu et al., 1998).

### 3.6. Esterilidade de grãos

Para este parâmetro, foi significativa a interação dupla entre cultivar e densidade de semeadura (Apêndice 1).

Para a cultivar IRGA 417, a esterilidade de grãos diminuiu com o aumento da densidade de 70 para 150 kg/ha (Tabela 10). Na cultivar IRGA 419 este

parâmetro não foi afetado pela densidade de semeadura. Estes resultados diferem dos encontrados por Eberhardt (1998) que relatou diminuição da esterilidade quando maiores níveis de N foram aplicados.

**Tabela 10** – Esterilidade de grãos de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média duas cultivares e de três níveis de N, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	IRGA 417	IRGA 419
	<b>Esterilidade de grãos - %</b>	
70	A 23 a <sup>1</sup>	A 19 a
150	A 14 b	A 20 a
230	A 17 ab	A 21 a

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando densidades) e na linha, médias antecedidas de mesma letra maiúscula (comparando cultivares) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.7. Qualidade de grãos

#### 3.7.1. Rendimento de engenho

O rendimento de grãos inteiros não foi afetado por nenhum dos tratamentos testados (Apêndice 1).

Houve efeito simples de nível de nitrogênio aplicado para rendimento de grãos quebrados (Apêndice 1). À medida que aumentou o nível de nitrogênio, houve aumento no rendimento de grãos quebrados (Tabela 11).

**Tabela 11** – Rendimento de grãos quebrados em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Nível de nitrogênio - kg/ha -	Rendimento de grãos quebrados - %
0	5,0 b <sup>1</sup>
80	5,2 ab
160	6,1 a

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula (comparando níveis de N) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.7.2. Teor de proteína nos grãos

Para este parâmetro, foram significativos os efeitos simples de cultivar e nível de N (Apêndice 1).

A cultivar IRGA 417 apresentou maior teor de proteína nos grãos do que a cultivar IRGA 419 (Tabela 12). O teor de proteína nos grãos é um parâmetro nutricional que deve ser levado em consideração pelo fato do arroz ser a base alimentar das pessoas de muitos países (Pereira et al., 1990; Yoshida, 1981).

**Tabela 12** – Teor de proteína nos grãos de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	Proteína nos grãos - %
IRGA 417	8,3 a <sup>1</sup>
IRGA 419	7,2 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de proteína nos grãos foi mais elevado no nível intermediário de nitrogênio do que nos demais níveis (Tabela 13).

**Tabela 13** – Teor de proteína nos grãos em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Nível de nitrogênio - kg/ha -	Proteína bruta - %
0	7,4 b <sup>1</sup>
80	8,3 a
160	7,6 b

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.8. Outras características agronômicas

#### 3.8.1. Rendimento de massa seca da parte aérea da planta

Na avaliação realizada na diferenciação do primórdio floral (DPF), houve apenas efeito simples de densidade de semeadura para esta característica (Apêndice 1). À medida que se incrementou a densidade de semeadura, o rendimento de massa seca da parte aérea aumentou (Tabela 14). Resultados similares foram relatados por Mariot (2001). Com o aumento da população de plantas ocorre maior interceptação da radiação solar no início do desenvolvimento da cultura, o que resulta em maior produção de massa seca nesta fase (Loomis & Connor, 1992).

**Tabela 14** – Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas na diferenciação do primórdio floral em três densidades de sementeira, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de sementeira - kg/ha -	MS da parte aérea – g/0,25m <sup>2</sup>
70	59 b <sup>1</sup>
150	70 ab
230	77 a

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No estágio do florescimento, não houve diferença entre as densidades para este parâmetro (Apêndice 1)

Na colheita, houve efeito simples de cultivar para este parâmetro (Apêndice 1). A cultivar IRGA 419 apresentou maior rendimento de massa seca da parte aérea do que a IRGA 417 (Tabela 15).

**Tabela 15** – Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de duas cultivares de arroz irrigado na colheita, na média de três níveis de nitrogênio e três densidades de sementeira, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	MS da parte aérea – g/0,25m <sup>2</sup>
IRGA 417	158 b <sup>1</sup>
IRGA 419	183 a

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.8.2. Índice de colheita

Para este parâmetro, foram significativos os efeitos simples de cultivar e de densidade de semeadura (Apêndice 1).

A cultivar IRGA 417 apresentou maior índice de colheita que a IRGA 419 (Tabela 16). Este resultado pode ser explicado pelo fato de que a produção de massa seca da parte aérea da IRGA 417 foi menor do que a da IRGA 419. Em contrapartida, o rendimento de grãos da cultivar IRGA 417 foi maior do que o rendimento da IRGA 419 (Tabela 6). O índice de colheita diminuiu à medida que aumentou a densidade de semeadura (Tabela 17). Resposta diferente foi obtida em trabalho realizado por Rieffel Neto (1999), onde a elevação do índice de colheita com o incremento da densidade de semeadura foi atribuída à maior utilização dos fotoassimilados para produção de grãos nesta condição. Eberhardt (1998) relatou aumento do índice de colheita quando se incrementou o nível de nitrogênio, tendo atribuído o fato à diminuição da esterilidade de espiguetas e de bico de papagaio.

**Tabela 16** – Índice de colheita (IC) de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e de três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	Índice de colheita
IRGA 417	0,51 a <sup>1</sup>
IRGA 419	0,45 b

<sup>1</sup>Na coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 17** – Índice de colheita (IC) de plantas de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	Índice de colheita
70	0,51 a <sup>1</sup>
150	0,48 b
230	0,46 c

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.8.3. Nitrogênio total acumulado na parte aérea da planta na colheita

Para este parâmetro, foram significativos os efeitos simples de cultivar, densidade de semeadura e nível de nitrogênio aplicado (Apêndice 1).

A cultivar IRGA 417 apresentou maior quantidade de nitrogênio total acumulado na parte aérea que a IRGA 419 (Tabela 18). Esta diferença está relacionada a maior quantidade de proteína nos grãos apresentada pela IRGA 417 (Tabela 12).

A maior quantidade de N total acumulado na parte aérea ocorreu no nível intermediário de densidade (Tabela 19). A quantidade total de N acumulado foi maior no nível intermediário de nitrogênio do que nos demais níveis testados (Tabela 20).

**Tabela 18** – Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de duas cultivares de arroz irrigado, na média de três níveis de nitrogênio e três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Cultivar	N total acumulado – g/0,25m <sup>2</sup>
IRGA 417	125 a <sup>1</sup>
IRGA 419	110 b

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 19** – Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de arroz irrigado em três densidades de semeadura, na média de três níveis de nitrogênio e duas cultivares de arroz irrigado, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Densidade de semeadura - kg/ha -	N total acumulado – g/0,25m <sup>2</sup>
70	117 ab <sup>1</sup>
150	127 a
230	109 b

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 20** – Nitrogênio (N) total acumulado na parte aérea da planta de arroz irrigado em três níveis de nitrogênio, na média de duas cultivares e três densidades de semeadura, em área com quatro anos de utilização com rizipiscicultura. Santo Antônio da Patrulha – RS, 2000/2001.

Nível de nitrogênio - kg/ha -	N total acumulado – g/0,25m <sup>2</sup>
0	107 b <sup>1</sup>
80	126 a
160	119 ab

<sup>1</sup>Na coluna , médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

A fertilidade e a concentração de raízes na camada mais superficial do solo (0 – 5 cm) são maiores em relação à camada de 5,1 – 15 cm, em área com rizipiscicultura.

A elevação da densidade de semeadura na cultivar IRGA 417 resulta em aumento no rendimento de grãos e no acamamento de plantas. Na cultivar IRGA 419 não há efeito do aumento da densidade de semeadura sobre estes parâmetros.

Independente da cultivar e da densidade de semeadura, o rendimento de grãos de arroz irrigado e o acamamento de plantas não foram afetados pela adubação nitrogenada.

O teor de proteína nos grãos é maior na cultivar IRGA 417 do que na cultivar IRGA 419.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRATOS, N. (ed.). **World agriculture: Towards 2010: Na FAO study**, FAO. Rome: John Wiley & Sons, 1995.

AMORIM NETO, S.; ANDRADE, W.E. de B. **Avaliação de doses de nitrogênio no arroz irrigado em unidades demonstrativas ao nível de produtores no estado do Rio de Janeiro**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, **Anais...** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1997. p.219-220.

ANDRADE, W.E. de B.; NETO S.A.; FERNANDES, G.M.B.; SILVA, J.A. da C. e; SILVA, V.B. da. **Acúmulo e exportação de macronutrientes pelos grãos das cultivares de arroz Pesagro 104 e Epagri 109 na região das baixadas litorâneas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.301-302. il.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.1. p.1-18.

ARIMA, Y. Uptake and accumulation of nitrogen. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Eds.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. 3v. V.2: Physiology. p.327-343.

ARREAUDEAU, M.A.; VERGARA, B.S. **A Farmer's Primer on Growing Upland Rice**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1988. 284 f.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba: Potafos, 1987. 129 f. (Boletim Técnico, 9).

BEZUS, R.; ANSEJO, C.A.; VIDAL, A.A. **Rendimiento y eficiencia de uso de N de genotipos de arroz mejorados com baja utilización de fertilizantes** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.279-281. il.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

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

CARMONA, P.S. **Influência de níveis de nitrogênio e população de plantas sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento de cultivares de arroz irrigado**. 1972. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972.

COTRIM, D.; SACKNIES, R.G.S.; VALENTE, L.A. de L.; ROJAHN, P.R.; OLIVEIRA, R.G.; SEVERO, J.C.P.; ROJAHN, L.A.; LEAL, D.R.; LARA, V.H. **Agricultura Sustentável: rizipiscicultura, manual prático**. Porto Alegre: EMATER/RS, 1999. 27 f.

DUANFU, L.; NENG, W.; TINANSHENG, Z. **Effect of Fish on the Growth and Development of Rice**. Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/liduanfu.html>>. Acesso em: 07/10/1999

EBERHARDT, D.S. **Manejo da adubação nitrogenada em arroz irrigado e sua relação com a competitividade do arroz vermelho**. 1998. 11 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 f.

FAGADE, S.O.; De DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity, and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.503-506, 1971.

FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES Jr., A.M. de; TERRES, A.L.; LANNES, S.D.; SILVA, G.F. dos S. **Efeito da densidade de semeadura e do espaçamento entre fileiras, sobre o rendimento de grãos de cinco genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1997. p.194-196.

FAN, X. **Fish Culture in Ricefields: Rice-Fish Symbiosis**. Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/xiaofan.html>>. Acesso em: 07/10/1999

FAW, W.F.; PORTER, T.K. **Effect of seeding rate on performance of rice varieties**. Stn. Mimeo: Univ. of Arkansas Agric. Exp. Stn. Mimeo Ser. 1981.

FISCHER, A. Princípios básicos sobre el manejo de malezas. In: SHENK, M.; FISCHER, A.; VALVERDE, B. (Ed.) **La interferência entre las malezas y los cultivos**. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1985. P.21-40. (Publicación MIPH-EAP nº 65).

GADEA, A. D. de C.; FISCHER M. M. **Transplante mecânico de mudas de arroz irrigado em área de rizipiscicultura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO,1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23.,1999. Pelotas. **Anais...**Pelotas: Embrapa Clima Temperado,1999. 640 f.

GHOSH, B.C.; RAVI, B.; BHAT, R.; MANNING, W.J.; DEMPSTER, J.P. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Nitrogen, the Confer-N-s. In: INTERNATIONAL NITROGEN CONFERENCE, 1998, Neerduwikerhout. **Proceedings...**, Neerduwikerhout: [S.n.], n.102, p.23-27, 1998.

GRAVOIS, K.A. HELMS, R.S. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.1-4, 1992.

GUANGHUI, C.; YUGUANG, Y.; BAOGAN, W.; ZHANGXIONG, H.; SHENGYONG, L. **Demonstration of High-Yield Fish Farming in Ricefields**. Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/caiguan.html>>. Acesso em: 07/10/1999.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J.; BENNET, J.M.; SINCLAIR, T.R., et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt.11<sup>a</sup>. p.285-302.

IPAGRO. Guaíba. In: OBSERVAÇÕES meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1979. P.55-66. (Boletim Técnico, 3).

IRGA. Instituto Rio-Grandense do Arroz. Divisão de Pesquisa. **Folder da cultivar IRGA 419**. Cachoeirinha, 1999.

IRGA. Departamento Comercial e Industrial. Equipe de Política Setorial. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>. Acesso em:10/04/2001.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. 4.ed. Manila: INGER (Genetic Resources Center) - IRRI, 1996. 58 f.

JONES, D.B.; SNYDER, G.H. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seeded rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.4, p.623-626, 1987.

KIM, J.K.; LEE, J.; KIM, D.S.; HAN, H.S.; SHIN, J.C.; LEE, M.H. Plant characteristics associated with lodging and yield performance of paddy rice at different cultural methods. **RDA Journal of Agricultural Science, Rice**. Crop Experiment Station, RDA, Suwon, v.36, n.1, p.8-19, 1994.

KOKURYU, T.; SHIBUSAWA, S.; MIYASHITA, T.; SASAO, A. Enhancement of anti-lodging stubble by furrowing in DSMP system. **Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery**. [S.l.], v.6, n.1, p.83-85, 2000.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, p.32-59.

LOPES, S.I.G. 1991. **Eficiência da adubação potássica e distribuição radicular no arroz irrigado**. 1991. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1991.

LOPES, S.I.G.; VOLKWEISS, S.J.; TEDESCO, M.J. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.273-278, 1994.

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; KLEPKER, D.; CORRÊA, N.I. **Resposta à aplicação de nitrogênio de quatro linhagens e quatro variedades de arroz irrigado.** In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997. Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz 1997. p.257-258.

LOPES, M. S.; MACEDO V. R.; LIPES, S.I.G; ROSSO A. F. V. **Curva de Resposta à aplicação de nitrogênio para oito genótipos de arroz irrigado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1999. p.346-348.

MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E.; BOHNEN, H.; JAEGER, R.L.; MORAIS, A.P. de. **Perdas de solo e nutrientes na água de drenagem durante o preparo do solo para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.247-249. il.

MACHADO, M.O. Caracterização e adubação do solo. In: EMBRAPA/CPATB. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado.** Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 129.

MACHADO, M.O.; ZONTA, E.P.; FAGUNDES, P.R.; TERRES, A.L. **Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em linhagens promissoras de arroz irrigado nas safras 1994/95 e 1995/96.** In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, **Anais....** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1997. p.285-285.

MARIOT, C.H.P. **Características morfofisiológicas e agrônômicas de duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada.** 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MENEZES, V.G. **Avaliação do arranjo de plantas de cultivares de arroz irrigado como alternativa de manejo de arroz vermelho.** 1996. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

MILLER, B.C.; HILL, J.E.; ROBERTS, S.R. Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, n.2, p.291-297, 1991.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46f.

MORITA, S.; YAMAZAKI, K. Root system. In: MATSUO, T.; HOSHIKAWA, K. eds. **Science of the rice plant. v.1. Morphology.** Tokyo, Food and Agriculture Policy Research Center. 1993. p. 161-186.

NOLDIN, J.A. **Criação de peixes em lavoura de arroz irrigado**. Florianópolis: EMPASC, 1982. 3p. (EMPASC. Pesquisa em andamento, 1).

PAN, W.L.; KAMPRATH, R.H.; MOLL, R.H.; JACKSON, W.A. Prolificacy in corn: Its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. **Soil Science Society**, [S.l.], v.48, p.1101-1106, 1984.

PEDROSO, B.A. Densidade e espaçamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.370, p.6-10, 1987.

PEÑA, Y.A.; GOMES, A. da S.; DIAS, A.D. **Avaliação preliminar do comportamento do sistema radicular de cultivares de arroz irrigado testadas sob diferentes sistemas de cultivo**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. P. 143-146.

PEREIRA, A.R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v.41, n.1, 5-11, 1989.

PEREIRA, P.A.A.; PINHEIRO, B. da S.; TEIXEIRA, S.M.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, R.P. Rice in Brazil. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v.30, P. 241-248, 1990.

PETRINI, J.A.; TAVARES, W.R.F.; FRANCO, D.F. **Densidade de semeadura para arroz pré-germinado na região sul do Rio Grande do Sul**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, **Anais...** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1997. p.194-196.

RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, Madison, 1999, v.91, n.3, p.357-363.

REIS, M.S.; SOARES, A.A. **Resposta de cultivares de arroz irrigado por inundação à adubação nitrogenada**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú, **Anais...** Balneário Camboriú: Instituto Rio Grandense do Arroz, 1997. p.225-227.

RIEFFEL NETO, S.R. **Resposta do arranjo de plantas de genótipos de arroz irrigado com distintos tipos de planta e potenciais de rendimento**. 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ROCHA, A.B. da **Características de genótipos de aveia e de trigo e suas relações com a quebra de colmos**. 1996. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

SATO, G.; ISHIY, T. **Influência da rizipiscicultura na produtividade do arroz e controle biológico da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.408-410. il.

SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P.; CARMONA, R. de C.; REZERA, F. **Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a três densidades de semeadura e a três espaçamentos entre linhas no sistema de cultivo mínimo.** In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre, IRGA, 1995. p. 153-154.

SILVA, P.R.F. da; MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; CARMONA, R. de C.; TEICHMANN, L.L. **Competição intra-específica em plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.216-218. il.

SLATON, N.A.; BEYROUTY, C.A.; WELLS, B.R.; NORMAN, R.J.; GBUR, E.E. Root growth and distribution of two short-season rice genotypes. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.121, p.269-278, 1990.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TEO, Y.H.; BEYROUTY, C.A.; NORMAN, R.J.; GBUR, E.E. Nutrient uptake relationship to root characteristics of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.171, p. 297-302, 1995.

WANG, B.W.; HOSHIKAWA, K. Studies on rice lodging. X. A comparison of morphological characteristics in different parts of the internode. **The Crop Science Society of Japan**, Tsuruoka, n.33, p.13-14, 1990.

WANG, X.; BELOW, F.E. Root growth, nitrogen uptake, and tillering of wheat induced by mixed-nitrogen source. **Crop Science**, [S.l.], v.32, p.997-1002. 1992.

WELLS, B.R.; FAW, W.F. Short-saturated rice response to seeding and N rates. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.477-480, 1978.

WU, G.; WILSON, L.T.; McLUNG, A.M. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.317-323, 1998.

XIEPING, L.; HUAIXUN, W.; YONGTAI, Z. **Economical and Ecological Benefits of Rice-Fish Culture.** Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/lixiepin.html>>. Acesso em: 07/10/1999

YAN, Y.S.; SHANG, W.W.; FU, W.H.; AN, K.D.; RONG, X.J. ZHAI, W.Q. **Ability of Fish to Control Rice Diseases, Pests and Weeds.** Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/yushuiya.html>>. Acesso em 07/10/1999.

YANG, X.; ZHANG, J.; NI, W.; DOBERMANN, A. Characteristics of nitrogen nutrition in hybrid rice. **International Rice Research Notes**, Manila, v.24, n.1, p.5-8, 1999.

YINHE, P. **Ecological Effects of Rice-Fish Culture.** Disponível em: <<http://www.idcr.ca/books/focus/776/pinyinhe.html>>. Acesso em 07/10/1999.

YOSHIDA, Y. **Fundamentals of rice crop science**. Manila: The International Rice Research Institute, 1981. 289 f.

ZHANG, J.L.; KANG, L.X.; JI, Y.H.; FENG, F.S.; SUN, J.L. Effect of farmland windbreak on preventing rice lodging and yield reduction under violent tropical storm. **Chinese Journal of Applied Ecology**. Jiangsu, v.7, n.1, p.15-18, 1996.

## APÊNDICE

**APÊNDICE 1** – Resumo das análises de significância para as variáveis analisadas no arroz. Santo Antônio da Patrulha, RS, 2000/2001.

Causas da variação	Plântulas por m <sup>2</sup>	Panículas por m <sup>2</sup>	Perfilhos férteis por planta	Grãos por panícula	Esterilidade	Peso de 1000 grãos	MS - DPF	MS - Florescimento
Cultivar (Cv)	*	*	*	*				
Densidade (Dens)	*	*	*	*			*	
Cv x Dens					*			
Nível de N (N)								
Cv x N								
Dens x N		*						
Cv x Dens x N								
CV	17,34	17,40	17,52	18,57	17,52	4,50	13,59	19,37

\* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

(Continuação - Apêndice 1)

<b>Causas da variação</b>	<b>MS - colheita</b>	<b>Rendimento de grãos</b>	<b>Índice de colheita</b>	<b>Renda do benefício</b>	<b>Rendimento de grãos inteiros</b>
Cultivar (Cv)	*		*		
Densidade (Dens)			*		
Cv x Dens		*			
Nível de N (N)					
Cv x N					
Dens x N					
Cv x Dens x N					
CV	12,78	21,23	8,31	1,76	3,50

\* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

(Continuação - Apêndice 1)

<b>Causas da variação</b>	<b>Rendimento de grãos quebrados</b>	<b>Proteína nos grãos - %</b>	<b>N Acumulado</b>	<b>Acamamento</b>
Cultivar (Cv)		*	*	
Densidade (Dens)			*	
Cv x Dens				*
Nível de N (N)	*	*	*	
Cv x N				
Dens x N				
Cv x Dens x N				
CV	24,65	13,54	18,08	21,23

\* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

## 7. VITA

Rafael de Campos Carmona, filho de Paulo Sérgio Carmona e de Cleci de Campos Carmona, nasceu em 19 de janeiro de 1975, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Realizou os estudos de primeiro e segundo graus no Colégio Anchieta em Porto Alegre. Em 1993 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 agosto de 1999. Em março de 2000 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.