

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**SEMENTES**



Dissertação

**Densidade de semeadura e desempenho de arroz híbrido irrigado**

**Letícia Ramon de Medeiros**

Pelotas, 2016.

**Letícia Ramon de Medeiros**

**Densidade de semeadura e desempenho de arroz híbrido irrigado**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, sob Orientação do Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Produção de Sementes, para obtenção do título de Mestre em Ciências (M. Sc.).

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Luis Osmar Braga Schuch (FAEM/UFPEL)

Co-orientadores: Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Dr. Vitor Henrique Vaz Mondo

(EMBRAPA Arroz e Feijão)

Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Dr. Ariano Martins de Magalhães Júnior

(EMBRAPA Clima Temperado)

Pelotas, 2016

Rio Grande do Sul, Brasil

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

M488d Medeiros, Letícia Ramon de

Densidade de semeadura e desempenho de arroz híbrido irrigado / Letícia Ramon de Medeiros ; Luis Osmar Braga Schuch, orientador ; Vitor Henrique Vaz Mondo, Ariano Martins de Magalhães Júnior, coorientadores. — Pelotas, 2016.

50 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Produtividade. 2. População de plantas. 3. Qualidade industrial. 4. Qualidade comercial. I. Schuch, Luis Osmar Braga, orient. II. Mondo, Vitor Henrique Vaz, coorient. III. Magalhães Júnior, Ariano Martins de, coorient. IV. Título.

CDD : 633.18

Letícia Ramon de Medeiros

Densidade de semeadura e desempenho de arroz híbrido irrigado

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 16/02/2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch (Orientador)  
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Dr. Ariano Martins de Magalhães Júnior  
Doutor em Fitomelhoramento pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Luís Eduardo Panozzo  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Prof. Dr. Tiago Pedó  
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico este trabalho à minha mãe, Haydê Ramon de Medeiros, maior incentivadora dos meus estudos.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus por me guiar e proteger durante esta caminhada.

Aos meus pais, João Vianez Leal de Medeiros e Haydê Ramon de Medeiros, irmãos, Leda Maria Ramon de Medeiros e João Vianez Leal de Medeiros Júnior, pelo apoio em todas as minhas escolhas sempre me incentivando e me orientando para o melhor caminho.

Ao meu companheiro, Rodrigo de Mattos, pelo carinho e dedicação sendo compreensivo e paciente nas horas mais difíceis.

Ao pesquisador de arroz Arlei Laerte Terres e família pelo carinho, confiança e amizade com que nos receberam nesta cidade, além dos conhecimentos profissionais e de vida transmitidos.

Ao professor orientador Luis Osmar Braga Schuch pelos ensinamentos, orientação e total apoio para realização deste trabalho.

Aos co-orientadores Vitor Henrique Vaz Mondo e Ariano Martins de Magalhães Júnior pela atenção e disponibilidade em atender as demandas que ocorreram no desenvolvimento deste trabalho.

A PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes e todos seus profissionais que me proporcionaram o ensinamento com profissionalismo durante esta formação.

A EMBRAPA por fornecer toda estrutura necessária para realização deste trabalho, assim como, disponibilizou funcionários, transporte e equipamentos.

Aos colegas do PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes, PPG de Melhoramento Genético de Plantas e PPG de Ciência e Tecnologia de Alimentos que me auxiliaram na realização deste trabalho.

A todos os colegas e funcionários que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional neste período.

A CAPES por conceder a bolsa de estudo que possibilitou que eu realizasse o mestrado.

Muito obrigada!

## Resumo

Medeiros, Letícia Ramon de. **Densidade de semeadura e desempenho de arroz híbrido irrigado**: 2016. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016.

A utilização de híbridos apresenta-se como alternativa para o aumento da produtividade média de arroz irrigado no país. Contudo, o custo de produção das sementes ainda é superior ao das cultivares convencionais, devido à tecnologia que envolve a produção de sementes híbridas e suas especificidades. Devido ao efeito da plasticidade que os híbridos apresentam, tem-se estudado sobre a possibilidade de redução da densidade de semeadura para densidades ainda mais inferiores, sem afetar a produtividade e qualidade de grãos. O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da redução da densidade de semeadura na produtividade e qualidade de grãos em dois híbridos de arroz irrigado. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul, no Rio Grande do Sul. Os tratamentos foram compostos pelos híbridos BRS CIRAD 302 e H4 CL, nas densidades de semeadura de 10, 20, 30 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, com três repetições. Entre as variáveis analisadas estão produtividade, componentes de rendimento do arroz, características agrônômicas, qualidade industrial e comercial de grãos de arroz. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F a 5% de probabilidade. Quando F foi significativo, para os fatores híbridos e densidade de semeadura, utilizou-se o teste de Tukey a 5% para o fator qualitativo e regressão polinomial para o fator quantitativo. Como conclusão determinou-se que a partir da densidade de semeadura de 20 kg ha<sup>-1</sup>, não há efeito da densidade de semeadura sobre a produtividade dos dois híbridos de arroz irrigado. A qualidade industrial de grãos dos híbridos não é influenciada pela variação na densidade de semeadura e a redução na densidade de semeadura para até 10 kg ha<sup>-1</sup> não prejudica a qualidade comercial dos grãos dos híbridos de arroz irrigado.

**Palavras-chave:** produtividade, população de plantas, qualidade industrial, qualidade comercial.

## Abstract

Medeiros, Leticia Ramon. **Seeding and irrigated hybrid rice performance**: 2016. 50f. Dissertation (Master of Science and Seed Technology) - Graduate Program in Science and Seed Technology, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016.

The use of hybrid presents itself as an alternative to the increase in average productivity of irrigated rice in the country. However, the cost of seed production is still higher than the conventional cultivars, due to technology involving the production of hybrid seeds and their specificities. Due to the effect of plasticity that hybrids have, has studied the possibility of reducing the seeding rate to further lower densities without affecting the productivity and quality of grain. The aim of this study was to evaluate the effect of reducing the seeding rate on yield and quality of grain in two hybrid rice. The experiments were conducted in the municipalities of Capão do Leão and Capivari do Sul, in Rio Grande do Sul. The treatments were composed by hybrid BRS CIRAD 302 and H4 CL, in sowing densities 10, 20, 30 and 40 kg ha<sup>-1</sup> with three replications. Among the variables are productivity, rice yield components, agronomic characteristics, industrial and commercial quality of rice grains. Data were subjected to analysis of variance and F test at 5% probability. When F was significant for hybrids factors and plant density, we used the 5% Tukey test for the qualitative factor and polynomial regression for the quantitative factor. In conclusion it was determined that from the seeding rate of 20 kg ha<sup>-1</sup>, there is no effect of seeding rate on yield of both hybrids of rice. The grain quality of the hybrid is not influenced by variation in plant density and reducing the seeding rate up to 10 kg ha<sup>-1</sup> did not affect the commercial quality of the grains of rice hybrids.

**Keywords:** productivity, plant population, industrial grade, commercial quality.

## Lista de Figuras

- Figura 1 Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (A) e número de panículas por planta (B) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.....32
- Figura 2 Altura de plantas (cm) de híbridos de arroz irrigado, BRS CIRAD 302 e H4 CL, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.....34
- Figura 3 Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (A), Número de panículas por  $\text{m}^2$  (B), Número de panículas por planta (C) e Número de grãos por panícula (D) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....35
- Figura 4 Espiguetas estéreis por panículas (%) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....37
- Figura 5 Qualidade comercial de híbridos de arroz irrigado, representada pela porcentagem de grãos com graus de opacidade  $<1/3$  (A) e  $1/3-2/3$  (B) dos grãos, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.....42

## Lista de Tabelas

- Tabela 1 Resumo da análise de variância para produtividade, componentes de rendimento e características agronômicas de dois híbridos de arroz irrigado, submetidos a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....30
- Tabela 2 Produtividade, componentes de rendimento e características agronômicas de híbridos de arroz irrigado, na média de quatro densidades de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.....31
- Tabela 3 Produtividade, componentes de rendimento e características agronômicas de híbridos de arroz irrigado, na média de quatro densidades de semeadura, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....38
- Tabela 4 Resumo da análise de variância para a qualidade industrial de dois híbridos de arroz irrigado, submetidos a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....39
- Tabela 5 Qualidade industrial de híbridos de arroz irrigado, BRS CIRAD 302 e H4CL, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....40
- Tabela 6 Resumo da análise de variância para qualidade comercial de dois híbridos de arroz irrigado, submetidas a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....40
- Tabela 7 Qualidade comercial de grãos de dois híbridos de arroz irrigado, grau de opacidade, submetidos a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.....41

## Sumário

<b>1 Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2 Revisão de Literatura.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Arroz Híbrido.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Densidade de Semeadura.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Qualidade de Grãos em arroz.....</b>	<b>23</b>
<b>3 Material e Métodos.....</b>	<b>27</b>
<b>4 Resultados e Discussão.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Produtividade, componentes de rendimento e características agronômicas. .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.1 Local: Capão do Leão.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2 Local: Capivari do Sul.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Qualidade industrial .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Qualidade comercial .....</b>	<b>40</b>
<b>5 Conclusões.....</b>	<b>43</b>
<b>Referências.....</b>	<b>43</b>

## 1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) está entre os cereais mais produzidos e consumidos no mundo. Juntamente com o milho e o trigo, se destacam pela sua importância na alimentação humana, sendo cultivado em uma área de 158 milhões de hectares que corresponde a uma produção de 746,7 milhões de toneladas do grão em casca. Entre os principais países produtores do grão estão China, Índia entre outros países asiáticos, sendo que o Brasil está entre os dez principais do mundo (SOSBAI, 2014).

A produção Brasileira atingiu nas últimas safras valores que variam entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz se apresentando como maior produtor do grão no MERCOSUL, ficando a frente do Uruguai, Argentina e Paraguai respectivamente (CONAB, 2015). Os principais estados produtores são Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins, sendo que o Rio Grande do Sul é o principal estado produtor de arroz no Brasil, onde utiliza o sistema de produção de arroz irrigado por inundação. Já em Santa Catarina, segundo maior produtor nacional, utiliza-se o sistema pré-germinado, que também caracteriza-se pela inundação do solo com lâmina de água, e o cultivo de arroz de terras altas ou de sequeiro é mais comumente utilizado na Região Centro Oeste, Nordeste e Norte do país.

No Rio Grande do Sul são cultivados cerca de um milhão de hectares de arroz, com produtividade média superior a 7000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos do tipo longo-fino que apresentam alta qualidade de cocção (SOSBAI, 2014). A produção no estado é auto-suficiente sendo que o restante é destinado ao abastecimento dos demais estados e também para exportação.

O aumento da produtividade do arroz irrigado no Brasil se deu na década de 80, principalmente pela obtenção de cultivares convencionais do tipo moderno, que possuem entre outras características alta capacidade de perfilhamento, folhas eretas e porte baixo. Com as cultivares BR-IRGA 409, BR-IRGA 410, IRGA 417 e BRS 7 (TAIM) houve um aumento significativo na produtividade média no estado do Rio Grande do Sul, maior estado produtor do país, apresentando ganhos de até 1900 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que na década de 70 a média era de 3500 Kg ha<sup>-1</sup> e nas décadas de 80 e 90 a média passou a ser de 5400 Kg ha<sup>-1</sup> (TERRES et al., 2004). Conforme SOSBAI (2014), a produtividade média de arroz irrigado está estabilizada nos últimos dez anos no Brasil.

Na busca por patamares mais produtivos, a partir de 1985 o Brasil iniciou as pesquisas com arroz híbridos, através da EMBRAPA que estabeleciam uma parceria com o Institut de Recherches en Agronomie Tropicale (IRAT) da França, atual Centre de Coopération Internationale en Recherches Agronomie pour le Développement (CIRAD). E em 2010 foi lançado no Rio Grande do Sul, o primeiro híbrido de arroz resultante dessa parceria, cultivar BRS CIRAD 302, visando atender as necessidades da cadeia produtiva, apresentando alta qualidade industrial e de cocção de grãos, no entanto, em 2003, a Rice Tec lançou o primeiro híbrido a ser comercializado no país (NEVES, 2014). Os híbridos de arroz já são cultivados na China chegando a ocupar 63,2% da área total de cultivo apresentando ganhos de produtividade superior a 30% em relação às cultivares convencionais (NEVES, 2014), considerando que a produtividade média de suas cultivares convencionais é de aproximadamente 5 t/ha.

O objetivo da tecnologia de produção de híbridos é explorar a heterose ou vigor híbrido obtido através do cruzamento entre dois genótipos distintos geneticamente, e com a utilização desta tecnologia, híbridos de arroz apresentam produtividade média bastante superior quando comparadas com cultivares convencionais chegando a ser de 15 a 20% mais produtivas (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com SOSBAI (2014), semente é considerada o principal insumo da lavoura arrozeira, por transportar para o campo as características genéticas determinantes no desempenho de uma cultivar, sendo ainda responsável decisivamente pelo sucesso do estabelecimento da lavoura formando a base de uma produção rentável.

Na produção de sementes de híbridos são exigidos certos cuidados como o cultivo em condições específicas, necessidade de acompanhamento em todas as etapas de desenvolvimento das plantas e dependência de genitores com bom desempenho para condições locais e a produção de grãos glutinosos (NEVES, 2014). Essas são algumas das razões que tornam o processo com alto custo de produção de sementes e demorado, o que está relacionado à baixa utilização da tecnologia no país.

Uma das formas de superar o alto custo de produção das sementes e favorecer o uso de híbridos em lavouras comerciais de arroz é reduzir a densidade de semeadura dos mesmos. A inserção dos híbridos de arroz no Brasil tem como

objetivo explorar isoladamente a maior produtividade potencial em relação às cultivares convencionais existentes (COUTINHO et al., 2013).

Ainda de acordo com o autor, enquanto no Brasil as densidades de semeadura recomendadas variam de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup>, na China e Índia, é possível trabalhar com densidades entre 15 e 25 kg ha<sup>-1</sup> sem haver prejuízo na produtividade, considerando que a diminuição de densidade de semeadura foi muito importante para a sustentabilidade do uso de sementes de arroz híbrido na China.

Conforme Parisotto et al. (2013), os efeitos da heterose em híbridos permite que mesmo em baixas populações de plantas o rendimento final de grãos não seja afetado, garantindo altas produtividades a campo.

De acordo com Wang et al. (2014), durante décadas, pesquisadores de arroz na China têm enfatizado a importância de regular as relações compensatórias e competitivas entre plantas para aumentar o rendimento de grãos, modificando densidade de plantio. Os custos de produção para as variedades super-arroz podem ser minimizados com o plantio em baixas densidades populacionais de plantas (LIN et al., 2009), assim como, pode ser alternativa para redução de custos e adesão a tecnologia no Brasil.

O objetivo com este trabalho foi avaliar os efeitos da redução da densidade de semeadura na produtividade e qualidade de grãos de dois híbridos de arroz irrigado.

## 2 Revisão de Literatura

### 2.1 Arroz Híbrido

Os híbridos de arroz já são cultivados na China, a mais de 30 anos, sendo que neste período a tecnologia já contribuiu para aumentar em 50% a sua produção (PESKE; BARROS, 2004). A área cultivada na China é de cerca de 30 milhões de hectares, em que são produzidos mais de 200 milhões de toneladas do grão beneficiado (LIN et al., 2009).

A heterose é uma característica importante e complexa de arroz híbrido que ocorre em fenótipos superiores aos seus pais, incluindo a produção de biomassa aumentada, taxa de desenvolvimento, produção de grãos e tolerância ao estresse (YUAN et al., 2015).

De acordo com a FAO (2004), a produção de sementes híbridas de arroz foi limitada por mais de 30 anos devido o caráter de auto-polinização da cultura. Em 1974, cientistas chineses transferiram com êxito o gene da esterilidade masculina de arroz selvagem para criar a linha macho-estéril através da macho-esterilidade citoplasmática. Esta tecnologia possibilitou a produção de sementes híbridas de arroz em escala comercial.

Por ser uma planta autógama, o arroz depende do sistema de macho-esterilidade para produção de sementes em escala comercial, assim, o sistema de produção de híbridos de arroz mais utilizado é o de três linhas (A, B, R), em que se utilizam linhagens com macho-esterilidade citoplasmática (COIMBRA et al., 2008). Há ainda o sistema de duas linhas no qual se utiliza o sistema gênico de macho-esterilidade sensível a temperatura (YUAN et al., 2015).

A base genética do sistema de três linhas para produção de arroz híbrido é a utilização de uma linha macho-estéril (linha A), uma linha mantenedora (linha B), e um linha restauradora (linha R). Já o sistema de duas linhas deve incluir o (T) P GMS (sistema gênico de macho-esterilidade termo-sensível ou fotoperíodo-sensível para linha estéril) e o sistema químico-emasculação, o mesmo tem sido bastante estudado, visando à simplificação do procedimento para a produção de sementes de arroz híbrido (LI; YUAN, 2000).

Para adaptação da tecnologia de produção de sementes híbridas de arroz na China, a mesma, passou por alguns estágios onde na fase inicial a produtividade

passou de 450 kg ha<sup>-1</sup> para 1,5 t ha<sup>-1</sup>, auxiliando na redução do preço das sementes híbridas cerca de 30 a 40 por cento. Atualmente, o rendimento de produção de sementes híbridas em larga escala atingiu 3,75 t ha<sup>-1</sup> e já se obteve até 7,4 t ha<sup>-1</sup> para uma pequena parcela (LI et al., 2009). O sucesso da produção de arroz híbrido na China está associado aos avanços obtidos na produção de sementes híbridas de arroz (LI; YUAN, 2000).

De acordo com Coimbra et al. (2006), alto rendimento de grãos da linha A é primordial para a produção de arroz híbrido, sendo que a produtividade média na multiplicação da linha A na China é de 2.000-2.400 kg ha<sup>-1</sup>, no Brasil está próximo a 500 kg ha<sup>-1</sup> em média, tal fato influencia diretamente no preço da semente híbrida comercial (F1).

Na produção de sementes de arroz híbrido o resultado do cruzamento de duas linhas distintas geneticamente produz-se as sementes F1 utilizadas para implantação dos campos de produção de grãos (OLIVEIRA, 2011).

O vigor híbrido é considerado uma das principais aplicações técnicas da genética na agricultura (COIMBRA et al., 2006). Ainda de acordo com o mesmo autor, a heterose foi explorada primeiramente em escala comercial a partir de 1930 com híbridos de milho e o termo heterose foi utilizado para identificar o incremento no vigor, tamanho, resistência a pragas e doenças entre outras características benéficas as plantas ocorridas através deste evento.

Devido o efeito da heterose, os híbridos de arroz apresentam produtividade média superior quando comparadas com cultivares convencionais. Na China, a vantagem do rendimento do arroz híbrido sobre o cultivares convencionais variou de 17,0 % para 53,2 % no período de 1976-2008, o que equivale a um rendimento médio de 30,8 % superior (LI et al., 2009).

Os híbridos possuem como características morfológicas resultantes da heterose o sistema radicular vigoroso, alta capacidade de perfilhamento, aumento no número de grãos por panículas, grãos mais pesados, além de se adaptarem com maior facilidade a diferentes ambientes por apresentarem maior estabilidade produtiva (SOSBAI, 2014).

Desempenhos superiores também foram obtidos em condições climáticas adversas com a utilização de híbridos, conforme FAO (2004). No Egito, arroz híbrido cultivado em condições de salinidade do solo obteve produção de 35 % superior do quando comparada com cultivares não híbridas.

A alta capacidade de expressar a plasticidade está entre os principais benefícios para a utilização de híbridos, onde os componentes vegetativos e de produção variam com o número de plantas por unidade de área, ocorrendo um processo de compensação, de forma em que se um componente aumenta, outro diminui (PEDROSO, 1993).

Por outro lado, a impossibilidade de reutilização de sementes de híbrido é uma desvantagem para o produtor (GUERRA; BESPALHOK, 2015), ao passo que a necessidade de compra de sementes para safra seguinte é a garantia do retorno do investimento dos programas de melhoramento e a segurança da origem e qualidade genética do material obtido.

O maior desafio encontrado na produção de híbridos é adaptação da tecnologia em sistema extensivo de produção, já que a tecnologia é mais utilizada pelos países asiáticos com diferentes sistemas de cultivo. De acordo com a FAO (2004), a produção de sementes de arroz híbrido requer cerca de 30 por cento mais de trabalho (ou 100 dias úteis ha<sup>-1</sup>) do que a produção de sementes de variedades melhoradas.

Atualmente a semeadura direta de arroz torna-se uma alternativa para o cultivo do arroz na China apresentando-se como tecnologia de baixo custo, tendo como benefícios a economia de trabalho já que começa a diminuir a disponibilidade de mão-de-obra, bastante requerida no sistema de transplântio, facilitando o estabelecimento do arroz e propiciando maturação e colheita antecipada (WANG et al., 2014).

No Brasil, a área cultivada com arroz híbrido ainda é pouco expressiva, embora esforços estejam sendo feitos para aumentar a utilização do mesmo. Conforme Coimbra et al. (2008), o sistema de produção de sementes de arroz no país mais utilizado no país é o de três linhas, que apesar de ser amplamente utilizado em outros países esta técnica tem sido utilizada apenas há cerca de 15 anos no Brasil.

Conforme SOSBAI (2014), no Brasil, os primeiros híbridos comerciais foram lançados pela RiceTec em 2003, 2004 e 2005 com denominação de Avaxi, Tuno CL e Tiba respectivamente. Pela Bayer foi lançado o Arize QM 1003 em 2006. Atualmente empresas públicas e privadas estão investindo no desenvolvimento de novos híbridos e desenvolvendo pesquisas para adequação de práticas para adoção de híbridos de arroz no Brasil.

A área cultivada com arroz híbrido vem crescendo devido esta tecnologia proporcionar acréscimos de 20% na produtividade das lavouras permitindo que se utilize baixa densidade de semeadura ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), (MIELEZRSKI et al., 2008). Rosso et al. (2013) avaliaram o desempenho de híbridos no estado do RS, na safra 2011/12, e confirmaram o comportamento superior em produtividade.

Alguns testes em arroz híbridos, no Brasil, têm apresentado rendimento de grãos superiores, com heterose de até 40% acima da média dos pais, aliada a densidade reduzida de semeadura que é outro fator relevante quando comparado com a densidade utilizada para variedades convencionais (COIMBRA et al., 2008).

Geralmente, com a introdução de plantas em programas de melhoramento, os híbridos de arroz ainda apresentam problemas como ciclo tardio (genitores de origem Chinesa não adaptados às condições de cultivo local), alto índice de degrane, alto grau de esterilidade, aroma, baixo teor de amilose no grão e, principalmente a qualidade agronômica da linha A (macho-estéril) relativamente a baixa qualidade de grão, baixa produtividade, colmos fracos (com suscetibilidade ao acamamento), adaptabilidade e estabilidade de produção, o que aumenta o custo de produção de sementes híbridas e inibe a adesão pelos produtores (COIMBRA et al., 2008).

## **2.2 Densidade de semeadura**

Para cultivares convencionais, observou-se que a densidade de semeadura diminuiu com o passar dos anos, fato que está relacionado ao tipo de planta de arroz, sendo que para cultivares afilhadoras utiliza-se menor quantidade de sementes viáveis e para cultivares que emitem poucos afilhos a quantidade deve ser aumentada (EMBRAPA, 2015). Além disso, a variação da densidade de semeadura está relacionada com a qualidade das sementes, cultivar, espaçamento entre linhas e sistema de cultivo utilizado.

Na ocorrência de baixos estandes de campo há uma compensação de plantas, sendo que as plantas se desenvolvem mais e emitem mais afilhos, aumentando também a taxa de multiplicação semente-semente (PESKE et al., 2006).

No cultivo de arroz transplantado, o número de panículas por metro quadrado é em grande parte dependente do desempenho do perfilhamento, o que é determinado cerca de 10 dias após o estágio para o máximo número de perfilhos,

enquanto que no sistema de semeadura direta o número de panículas por metro quadrado é bastante dependente da taxa e porcentagem de emergência na semeadura (YOSHIDA, 1981).

Para o cultivo de arroz irrigado com cultivares do tipo moderno e grãos tipo longo fino, recomenda-se utilizar de 80 a 120 kg de sementes por hectare, com espaçamento de 0,17m entre linhas, a fim de obter-se uma população de plantas de 150 a 300 pl m<sup>2</sup>. Já para híbridos de arroz, recomenda-se utilização de 40 a 50 Kg ha<sup>-1</sup>, tendo como objetivo alcançar uma população de 100 até 150 pl m<sup>-2</sup> (SOSBAI, 2014), sendo que estas densidades de semeaduras utilizadas, independem dos sistemas de cultivo utilizados no Brasil.

Densidades altas ocasionam menor aproveitamento da luz solar, enquanto que densidade menor que a ideal minimiza a capacidade de aproveitamento do solo que leva a produção de afilhos improdutivos e tardios (HECKLER, 1980).

Lima et al. (2010) relata que em densidades elevadas, a planta de arroz preferencialmente formará um número menor de espiguetas granadas por panícula, ao invés de várias mal formadas.

O manejo da densidade de semeadura está relacionado com o número de panículas por unidade de área que é o componente mais importante de rendimento e contribuir com 89% das variações de rendimento (BALOCH et al., 2002). Já o espaçamento entre linhas quando reduzido proporciona melhor distribuição espacial de plantas influenciando a produtividade, já que otimiza a interceptação de luz devido o aumento do índice de área foliar, refletindo no aumento de produção de matéria seca (BALBINOT JR. et al., 2003).

Na cultura do arroz o arranjo espacial e a densidade de semeadura são fatores fundamentais para o sucesso da lavoura (LIMA et al., 2010). Em trabalho realizado por Baloch et al. (2002), o aumento do espaçamento entre plantas induziu o crescimento vigoroso das mesmas, bem como aumentou o número de panículas por planta, produção de grãos por panículas, número de grãos férteis por panícula e peso de 1000 grãos.

Considera-se densidade ideal de semeadura a quantidade de sementes distribuída em determinada área permitindo que a mesma venha a ter uma população na qual o conjunto ambiente-planta permita obter o máximo potencial produtivo. O fator dependente da planta neste contexto refere-se à capacidade de

uma cultivar em produzir afilhos, que depende ainda da arquitetura de plantas (HECKLER, 1980).

O manejo da densidade de semeadura influencia a duração dos estágios de desenvolvimento do arroz, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta de arroz (AHMAD; HASANUZZAMAN, 2012). Conforme Lima et al. (2010), o número de espiguetas por metro quadrado é definido por cerca de 10 dias após ter atingido o número máximo de perfilhos, sendo que o que determina o número de espiguetas granadas são as ramificações na ráquis e a fertilidade das espiguetas.

Wang et al. (2014), verificaram que as diferenças na porcentagem de perfilhos produtivos entre densidades de semeadura e entre níveis de fertilidade do solo indicam que a oferta de nutrição poderia aumentar o número de panículas no espaçamento de plantio, mas não pode compensar o efeito negativo da alta densidade de semeadura no número de panículas por área devido à reduzida porcentagem de perfilhos produtivos.

A redução de taxas de semeadura é uma prática de gestão que proporciona melhor aproveitamento e utilização dos recursos disponíveis, tais como água, luz e taxas de semeadura mais baixas permitem melhor interceptação da luz solar, maior potencial de perfilhamento, e uma cultura que pode expressar o seu pleno desenvolvimento potencial (GOULART et al., 2015). De acordo com o autor, a quantidade de semente por área pode ser reduzida em comparação com as atuais recomendações, apresentando-se como uma alternativa de redução de custos para lavouras comerciais.

Algumas pesquisas relatam que o arroz produz satisfatoriamente com espaçamento entre linhas que variam de 0,10 a 0,30 m, contudo a recomendação técnica atual seja de uma faixa mais estreita que varia entre 0,13 e 0,20 m (GOULART, 2012). Para Souza et al. (1994) o número de grãos por panícula e o peso de panícula não apresentam variação significativa em relação a diferentes espaçamentos entre linhas quando variam entre 15,8 a 24,8 cm para a cultivar de arroz irrigado BR-IRGA 410.

Rieffel Neto et al. (2000), com o objetivo de avaliar a resposta de cultivares de arroz, que apresentavam distintos tipos de plantas e potenciais de produtividade, quanto ao seu desempenho em distintos espaçamento entre linhas e densidades de semeadura, observou que a redução do espaçamento entre linhas aumentou o rendimento de grãos para quaisquer dos genótipos utilizados, e que para a redução

da densidade de semeadura seria necessária a adoção de manejo adequado do cultivo, além da utilização de sementes de boa qualidade.

A variação na densidade de semeadura não afeta a uniformidade de maturação, o rendimento de grãos inteiros e a massa de 1000 grãos e o rendimento de grãos por hectare (HÖFS et al. 2004).

A competição de plantas de arroz híbrido irrigado, com diferentes potenciais de produtividade, afeta a produtividade das populações resultantes em função da densidade de semeadura, sendo mais alta com maiores densidades (OLIVEIRA, 2011).

Com o objetivo de estudar arranjos de semeadura com diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura, Goulart (2015), relacionou o rendimento e qualidade industrial de grãos de híbridos de arroz irrigado e custo das sementes verificando que os diferentes arranjos de semeadura não interferem no rendimento e qualidade de grãos, havendo possibilidade de flexibilização nas recomendações de espaçamento e densidade de semeadura para os híbridos testados e que esta redução possibilita rentabilidade no negócio de sementes híbridas de arroz.

O manejo da densidade de semeadura é tecnologia de fácil adoção, não eleva os custos de produção e otimiza a utilização dos fatores ambientais (RIEFFEL NETO et al., 2000).

A utilização de sementes de alta qualidade é um dos fatores que definem a densidade adequada de plantas na lavoura, portanto o uso de sementes de baixa qualidade sempre exigirá a utilização de um número maior de sementes, visando atingir um estande ideal, sendo que mesmo assim não é possível ter-se certeza da população e distribuição de plantas que efetivamente resultarão na lavoura (SCHUCH, 2001).

O número de panículas por metro quadrado aumentou linearmente à medida que se incrementou a densidade de semeadura, assim como, o rendimento de grãos em experimento para variação da densidade de semeadura em arroz irrigado (FREITAS, 2007).

Badshah et al. (2013), ao avaliar a produtividade e perfilhamento do Liangyoupeijiu (super arroz híbrido) cultivado em Hunan, China durante 2011-2012, sob diferentes métodos de preparo do solo e métodos de estabelecimento da cultura revelaram que o máximo perfilhamento ocorreu em semeadura direta com densidade

de sementeira de 22,5 kg ha<sup>-1</sup> resultando em acréscimo de 22% no perfilhamento comparado com o transplante de mudas.

Lin et al. (2009), ao avaliar a absorção de nitrogênio, atributos de rendimento e de resposta da produção de duas cultivares de arroz sob a diferentes densidades de sementeira e doses de aplicação de nitrogênio, verificaram que rendimento de otimização sob SRI (novo gerenciamento de arroz ou o sistema de intensificação do arroz) foi obtida com densidades de plantas substancialmente inferiores aquelas normalmente utilizadas com super-arroz sob SRM (práticas convencionais ou gestão de arroz padrão).

A taxa de emissão de perfilhos influencia o rendimento de grãos, onde o perfilhamento excessivo leva a morte de perfilhos, baixo enchimento de grãos, tamanho pequeno panícula, e ainda mais reduzida produtividade de grãos (AHMAD et al., 2005).

A elevação da densidade de sementeira de arroz irrigado diminui o afileamento proporcionando a maior participação dos colmos principais, no entanto, não resultando em aumento de produtividade, devido à plasticidade das plantas de arroz e ao ajustamento que ocorre nos componentes da produção (LIMA et al., 2010).

Na produção de arroz alta densidade de sementeira promove a competição intra-específica entre as plantas resultando em sombreamento gradual favorecendo o aumento da produção de palha em vez de grãos (FARUK et al., 2009). Conforme o mesmo autor, no sistema de transplante, densidade de plantas intermediária, proporcionou o melhor desempenho em relação ao rendimento e seus componentes como perfilhos produtivos, grãos por panícula com rendimento de grãos e palha superiores.

Os componentes de rendimento de grãos mais afetados pela variação no espaçamento e na densidade foram número de panículas por metro quadrado e número de grãos cheios por panícula em duas cultivares de arroz com diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de sementeira no sistema de cultivo de terras altas irrigado por aspersão (SANTOS et al., 2002)

A variação nos componentes de rendimento do arroz, como o número de panículas por unidade de área e número de grãos por panícula dependem da variação da densidade de sementeira (YOSHIDA, 1981).

### 2.3 Qualidade de grãos em arroz

A valorização do arroz depende principalmente da qualidade dos grãos, sendo baseada na qualidade industrial e comercial que resulta do rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento e a translucidez (SOFIATTI et al., 2006). O percentual dos grãos inteiros é um dos principais itens para o valor de comercialização de grãos de arroz (MARCHEZAN et al., 1993).

A qualidade de arroz é expressa pelas características essenciais no mercado de commodities, entre as quais estão principalmente os aspectos processamento, aparência, cocção, e qualidade nutricional (CHEN et al., 2002).

A China vem tentando desenvolver híbridos com qualidade de grão superior desde 1980, sendo que, a melhoria da qualidade do grão é essencial para comercialização posterior de arroz híbrido nos países mais desenvolvidos (LI; YUAN 2000).

Quanto à qualidade culinária e industrial, o mercado brasileiro apresenta preferência por grãos longos, bom aspecto físico depois de polido, soltos, macios e secos após o cozimento (AMARAL, 2004). Quanto ao aspecto físico aparente, deseja-se grãos translúcidos e sem presença significativa de manchas brancas, contudo, há um certo confundimento quanto a caracterização de manchas brancas e grãos gessados, sendo que o primeiro ainda pode ser classificado como centro branco, quando localizadas próximo ao centro do grão, e barriga branca, quando localizadas na face ventral. As manchas brancas ocorrem no interior do endosperma e são causadas por espaços porosos entre as frações de amido, enquanto que grãos gessados são originados da maturação incompleta, podendo se apresentar inteira ou parcialmente opaco depois da secagem artificial (AMARAL, 2004).

A aparência do endosperma do grão é uma característica de grande importância, sendo determinada pelo nível de opacidade, causado pelo arranjo dos grânulos de amido e proteína, onde estas zonas opacas ou gessadas ocorrem em determinadas áreas do grão de forma não compacta, com espaços entre si (FRANCO et al., 2011).

Entre os fatores ambientais que influenciam a qualidade de grãos em arroz, a temperatura no estágio de enchimento de grãos apresenta grande importância, onde a ocorrência de alta temperatura na panícula no estágio de maturação acelera a taxa de enchimento de grãos e diminui peso de grãos neste período, resultando em grão

mais leves e com maiores índices de centro branco e menor transparência, enquanto que a baixa temperatura também irá resultar em maiores pontos de gesso nos grãos e um aumento da percentagem espiguetas estéreis (CHEN et al., 2002).

Centros brancos e barrigas brancas são características controladas por um único gene, dominante ou recessivo, ou por poligenes, em que a maioria das linhas R de origem chinesas para o arroz japonico híbrido tem esta característica devido a cruzamentos indica-japonica em seu pedigree, e que para melhorar a qualidade do grão, ambas as linhas parentais devem ser livres de regiões opacas nos grãos (LI; YUAN, 2000).

A população de plantas exerce grande influência sobre o crescimento e produtividade de grãos de arroz devido ao efeito de concorrência no desenvolvimento vegetativo, reprodutivo, assim como na qualidade (AHMAD et al., 2009).

Outros fatores como umidade relativa do ar e / ou precipitação também podem afetar a qualidade do arroz. Trabalhos realizados em campo com épocas de semeadura e plantio em diferentes locais indicaram que a umidade relativa do ar tem correlação positiva com a temperatura de gelatinização, consistência, e tamanho da área gessada, e correlação negativa com o teor de amilose (CHEN et al., 2002).

A dinâmica da população de plantas não influenciou sobre a qualidade de grãos, com relação ao desempenho morfológico e qualidade de grãos de arroz sob diferentes populações de plantas, adubação nitrogenada e regimes de irrigação, no entanto, adubação nitrogenada e regimes de irrigação influenciaram a qualidade dos grãos no sistema de transplântio (AHMAD et al., 2009).

Os híbridos embora apresentem alta capacidade produtiva ainda necessitam de melhorias quanto à qualidade de grãos. Em trabalho realizado pelo INTA safra 2011/12 foi avaliado o comportamento de nove híbridos originados pelo programa de arroz do Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT), utilizando três testemunhas (IRGA 417, BRS Taim e Tranquilo-INTA), sendo que apenas dois materiais superam a produtividade das testemunhas em suas regiões arrozeiras, e ainda assim, apresentavam deficiência quanto à transparência de grãos (MARÍN et al., 2012). Resultados semelhantes foram constatados por Rosso et al. (2013), quando avaliaram o comportamento de híbridos de arroz no estado do Rio Grande do Sul safra-2011/12, sendo que embora alguns híbridos tenham apresentado rendimento de grãos superiores as testemunhas, os mesmos apresentam

necessidades de melhorias quanto ao aspecto de rendimento industrial, índice de centro branco e aspecto visual dos grãos.

As preferências quanto à qualidade de grãos varia de acordo com as regiões consumidoras e que a mesma vem evoluindo em híbridos de arroz (COSTA et al., 2010). Também Neves (2010) confirma a evolução da qualidade dos grãos que vem ocorrendo para híbridos produzidos pelo IRGA em parceria com a Fazenda Ana Paula.

No caso da EMBRAPA, o diferencial para obtenção de híbridos com alta qualidade de grãos é o desenvolvimento dos seus progenitores. Ao invés de realizar o cruzamento com variedades convencionais, são desenvolvidos primeiramente os “pais” para posteriormente realizar o cruzamento utilizando, dessa forma, materiais com qualidade inicial de grãos superior. Esse é o caso do híbrido BRS CIRAD 302 que apresenta grãos lisos, tipo 1 com alto percentual de grãos inteiros no beneficiamento (EMBRAPA, 2015).

A má qualidade de grãos associada ao arroz híbrido é conjuntural e resulta da falta de experiência dos programas de melhoramento que visam ganhar tempo e diminuir custos através da inserção de linhas fêmeas provenientes da Ásia, onde a qualidade requerida é diferente da qualidade local (TAILLEBOIS, 2015). Muitos arrozes híbridos chineses foram mal utilizados em países tropicais, em relação à qualidade de grãos, devido às mudanças no ambiente, incluindo a duração do dia e temperatura (YUAN et al., 2015).

Uma maneira prática para minimizar as dificuldades encontradas para o adoção do cultivo de híbridos no Brasil seria inicialmente caracterizar, em linhas restauradoras ou mantenedoras, algumas variedades convencionais e adaptadas à nossa região, a fim de conseguir identificar uma linha B adaptada com boa qualidade de grão, possibilitando através de poucos retrocruzamentos, obter-se uma linha A com qualidades agronômicas superiores para as nossas condições (COIMBRA et al., 2008).

Os grãos de arroz do híbrido F1 são na verdade, sementes F2 e, portanto, ambos os genitores devem ter traços semelhantes de boa qualidade para o híbrido ter boa qualidade de grãos (LI; YUAN, 2000). Também Ming-Hong et al. (2009) afirmam que para o arroz híbrido, o endosperma é a geração F2, uma vez que se forma sobre a planta F1 híbrido, sendo que a qualidade do endosperma serão segregados entre as sementes a partir de o cruzamento entre dois genótipos

diferentes, especialmente para o arroz híbrido, que é sempre feita a partir de dois pais com diversificação distinta.

Os fatores genéticos que envolvem a produção de arroz híbrido podem ser explorados de forma a manter a qualidade industrial de grãos, devido aos arranjos e densidades de semeaduras não afetarem o desempenho de híbridos, sendo esta, uma importante informação para o aumento da área cultivada com a redução das densidades de semeadura e conseqüentemente do custo de produção (GOULART, 2012).

Em híbridos F1, há influência da segregação no endosperma sobre os principais parâmetros de qualidade de grãos, inclusive sobre a porção de área opaca no endosperma, sendo que entre as alternativas para minimizar a ocorrência da opacidade em híbridos é selecionar melhor germoplasma com reduzida área opaca sob multi-ambientes como fonte de linhagens para a criação de híbridos, utilizando marcadores funcionais para reduzir opacidade, (SREENIVALSULU, 2015).

Linhas macho-estéreis irão desempenhar um papel importante na melhoria da qualidade do grão, sendo crucial que as mesmas apresentem qualidade correspondente como em linhas restauradoras (ZHI-WE et al., 2009).

O melhoramento genético para qualidade de grãos de arroz híbrido é considerado complicado e desafiador, sendo baseado na compreensão da natureza da herança dos atributos de qualidade (FENG et al., 2009). Aliado ao mapeamento dos genes, estratégias de criação de alta qualidade arroz híbrido têm sido propostas, entre as quais a seleção assistida por marcadores moleculares está auxiliando para acelerar o desenvolvimento de híbridos com qualidade de grãos superior (FENG et al., 2009).

### 3 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão-RS, 31°52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" longitude oeste e na Fazenda Capão de Fora, no município de Capivari do Sul-RS, 30° 08' 42" de latitude sul 50° 30' 52" longitude oeste. Os locais de realização dos experimentos são classificados como Zona Sul e Planície Costeira Externa, respectivamente, e apresentam entre outras características, solo classificado como Planossolo hidromórfico para unidade de mapeamento Pelotas e Neossolo quartzarênico unidade de mapeamento Curumim (STRECK et al., 1999).

Foram utilizados dois híbridos de arroz irrigado desenvolvidos pela EMBRAPA, sendo eles BRS CIRAD 302 e H4 CL e quatro densidades de semeadura 10, 20, 30, 40 kg ha<sup>-1</sup>. O primeiro híbrido apresenta entre outras características planta do tipo moderno com folhas lisas, alta capacidade de perfilhamento, ciclo médio e alta qualidade de grãos, já o segundo encontra-se em fase de registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC), apresentando entre outras características ciclo precoce. Os experimentos foram conduzidos no sistema de cultivo convencional. Para semeadura, foi utilizada semeadora de parcelas. As parcelas foram de 9 linhas de 5m espaçadas de 0,2 m entre si, sendo colhidas as três linhas centrais eliminando 0,5 m nas extremidades, o que resultou em uma área útil de 2, 4 m<sup>2</sup>.

Para realização da semeadura, foi adicionado um volume de sementes inviáveis, que foram submetidas posteriormente a embebição por 24 h em água e estufa por 72 h a 78°C com o objetivo de homogeneizar a quantidade total de sementes a ser utilizada na semeadura, com o intuito de facilitar a distribuição de sementes.

A semeadura foi realizada utilizando taxa de semeadura acrescida de 10% em relação às densidades desejadas, a fim de garantir população desejada através de desbaste.

A adubação foi realizada conforme a interpretação da análise de solo (ROLAS, 2004) e as práticas de manejo da cultura realizadas de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil, (SOSBAI, 2014).

A semeadura foi realizada no município de Capão do Leão em 08/11/14 e em de Capivari do Sul, data de semeadura foi 24/11/14. A emergência ocorreu em 18/11/15 em Capão do Leão e em 02/12/15 no município de Capivari do Sul. Em Capão do Leão a colheita do híbrido H4 CL ocorreu em 20/03/15 e do híbrido BRS CIRAD 302 em 27/03/15, enquanto que a colheita em Capivari do Sul foi realizada em 18/03/15 para os dois híbridos.

Avaliou-se a produtividade de grãos, número de panículas por metro quadrado, número de panículas por planta, número de grãos por panículas, massa de 1000 grãos, percentual de espiguetas estéreis por panículas, altura de plantas e porcentagem de sementes verdes.

Foram marcados 2 metros em duas linhas da área útil de cada parcela, onde foram contadas as plantas presentes após o desbaste. Por ocasião da maturação foram contadas as panículas presentes nestes 2 metros de linha e determinado o número de panículas por metro quadrado e número de panículas por planta (Höfs et al., 2004).

A produtividade foi determinada pela colheita das áreas úteis das parcelas e transformado seu peso em peso em  $\text{kg ha}^{-1}$ , corrigido para 13% de umidade. Foram coletadas, ao acaso, 25 panículas por parcela para avaliar o número de grãos por panículas, através da contagem dos grãos. A massa de 1000 grãos foi determinada pela pesagem de uma amostra de 1000 grãos pertencente à área útil da parcela. Percentagem de grãos verdes foi determinada através da separação visual e contagem do número de sementes verdes na amostra de 1000 grãos e os resultados expressos em percentagem. A percentagem de espiguetas estéreis por panículas foi determinada através da separação com o auxílio do soprador de sementes sendo os resultados expressos em percentagem. A altura de plantas foi determinada com um auxílio de uma régua graduada colocada na superfície do solo, na base da planta, medindo-se a altura da planta até o ápice da folha bandeira do colmo principal no período de pré-colheita.

Também foi determinada a qualidade industrial de grãos através determinação da renda total do benefício, rendimento de grãos inteiros e quebrados.

Os parâmetros de qualidade industrial foram determinados utilizando mostras de 100g com 13% de umidade, que foram submetidas ao engenho de provas. As amostras de arroz em casca foram processadas em um engenho de prova SUZUKI, modelo MT, por um minuto. Em seguida, os grãos brunidos polidos foram pesados e

o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício, com os dados expressos em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados no “trieur” número dois e a separação dos grãos foi processada por trinta segundos. Os grãos que permaneceram no “trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

Ainda, foi determinada a qualidade comercial dos grãos de arroz através da avaliação do grau de opacidade dos grãos, sendo o mesmo classificado em três frações de ocorrência de área opaca na superfície dos grãos: menor que 1/3 de área opaca, entre 1/3-2/3 e maior que 2/3 de área opaca. Para tanto, amostras de 105 g foram descascadas e polidas no engenho de prova, sendo a avaliação realizada com as amostras com 8,54 % de farelo. A classificação do grau de opacidade foi realizada visualmente através da separação manual dos grãos utilizando a fração de renda total do benefício.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições no esquema fatorial 2x4, composto por dois híbridos e quatro densidades de semeadura. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F a 5% de probabilidade. Quando F foi significativo, para os fatores híbridos e densidade de semeadura, utilizou-se o teste de Tukey a 5% para o fator qualitativo e regressão polinomial para o fator quantitativo.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Produtividade, componentes de rendimento e características agrônômicas

#### 4.1.1 Local: Capão do Leão

Observando-se os valores dos quadrados médios apresentados na tabela 1, para o município de Capão do Leão, constata-se que não ocorreu interação entre os fatores híbridos e densidades de semeadura para nenhuma das variáveis em observação, com exceção de altura de plantas. Na mesma tabela observa-se que os híbridos diferiram entre si para o número de panículas por metro quadrado, número de panículas por planta, número de grãos por panícula, massa de mil grãos e porcentagem de espiguetas estéreis por panícula, enquanto que a variação na densidade de semeadura afetou somente a produtividade e o número de panículas por planta. A porcentagem de grãos verdes não foi afetada por nenhum dos fatores analisados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para produtividade, componentes de rendimento e características agrônômicas de dois híbridos de arroz irrigado, submetidos a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Capão do Leão	Quadrados Médios			CV %
	Híbridos	Densidades	Interação	
Produtividade média (kg ha <sup>-1</sup> )	1355175 <sup>NS</sup>	1306345*	691041.8 <sup>NS</sup>	6,32
Panículas m <sup>-2</sup>	9700.26*	486.37 <sup>NS</sup>	1140.53 <sup>NS</sup>	9.29
Panículas planta <sup>-1</sup>	1.57 *	50.27*	0.24 <sup>NS</sup>	12.17
Grãos panícula <sup>-1</sup>	1908.16*	35.44 <sup>NS</sup>	160.27 <sup>NS</sup>	14.08
Massa de 1000 grãos (g)	8.98*	0.05 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	1.96
Espiguetas estéreis panícula <sup>-1</sup> (%)	39.86*	0.14 <sup>NS</sup>	1.03 <sup>NS</sup>	14.59
Altura de plantas (cm)	51.62*	36.14*	11.54*	1.43
Grãos verdes (%)	36.50 <sup>NS</sup>	5.95 <sup>NS</sup>	13.49 <sup>NS</sup>	22.89

Capivari do Sul	Quadrados Médios			CV %
	Híbridos	Densidades	Interação	
Produtividade média (kg ha <sup>-1</sup> )	2698.82 <sup>NS</sup>	1264292*	525569 <sup>NS</sup>	6.46
Panículas m <sup>-2</sup>	625.26 <sup>NS</sup>	13373.87 *	899.56 <sup>NS</sup>	10.36
Panículas planta <sup>-1</sup>	0.1 <sup>NS</sup>	24.48*	0.12 <sup>NS</sup>	11.35
Grãos panícula <sup>-1</sup>	204.16 <sup>NS</sup>	1238.94*	202.27 <sup>NS</sup>	9.67
Massa de 1000 grãos (g)	36.32*	0.51 <sup>NS</sup>	0.18 <sup>NS</sup>	1.89
Espiguetas estéreis panícula <sup>-1</sup> (%)	8.96*	0.14 <sup>NS</sup>	0.99*	13.09
Altura de plantas (cm)	228.16*	32.61 <sup>NS</sup>	13.94 <sup>NS</sup>	3.04
Grãos verdes (%)	38.25 <sup>NS</sup>	23.91 <sup>NS</sup>	4.26 <sup>NS</sup>	33.96

NS- F não significativo; \* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O híbrido H4 CL foi superior para variável massa de 1000 grãos e apresentou menor percentual de espiguetas estéreis por panícula. Para as demais variáveis o híbrido BRS CIRAD 302 demonstrou comportamento superior (Tabela 2), com exceção para o rendimento de grãos que não difere entre os híbridos.

O número de panículas por planta e por área é determinado pelos primeiros perfilhos formados a partir da emergência da quarta e da quinta folha, os quais completarão o desenvolvimento e são responsáveis pela produção de sementes (NEDEL et al., 2004). O híbrido BRS CIRAD 302 apresentou maior número de panículas por área, panículas por planta e número de grãos por panículas, embora tenha apresentado menor massa de mil grãos. Tal comportamento está relacionado com a emissão de perfilhos férteis, ou seja, perfilhos emitidos com a capacidade de finalizar o ciclo contribuindo efetivamente no rendimento final da cultura.

A ocorrência das espiguetas estéreis pode ser justificada pela variação de temperatura na fase de floração/fertilização. Tanto temperaturas consideradas baixas em torno de 16°C como temperaturas consideradas altas ao redor de 34°C afetam o número de espiguetas produtivas por panículas (NEDEL et al., 2004). No município do Capão do Leão, a floração de BRS CIRAD 302 ocorreu no final da primeira quinzena de fevereiro, ocasião em que foi registrada a ocorrência de temperaturas mínimas de 16, 2°C.

Tabela 2. Produtividade, componentes de rendimento e características agronômicas de híbridos de arroz irrigado, na média de quatro densidades de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.

Híbrido	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Pan m <sup>2</sup>	Pan planta <sup>-1</sup>	Grãos panícula <sup>-1</sup>	Massa de 1000 grãos (g)	Espiguetas estéreis panícula <sup>-1</sup> (%)	Grãos Verdes (%)
BRS CIRAD 302	10.324 a	376 a	4,86 a	134,2 a	23,7 b	6,75 a	16,25 a
H4 CL	10.799 a	336 b	4,35 b	116,4 b	24,98 a	4,17 b	18,71 a
CV (%)	6,32	9,29	12,17	14,08	1,96	14,59	22,89

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade sofreu acréscimos com o aumento da densidade de semeadura até densidades em torno de 20 kg ha<sup>-1</sup>, não sofrendo acréscimos para densidades superiores (Figura 1-A). Esse comportamento pode ser explicado pela extrema capacidade de compensação nos componentes do rendimento apresentado por esses híbridos de arroz, como pode ser observado pelo acréscimo no número de panículas por planta devido à redução na densidade de semeadura (Figura 1-B).

Resultados semelhantes foram observados por Höfs et al. (2004), testando os efeitos de níveis de qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado e densidades de semeadura, sobre o rendimento e qualidade industrial de grãos, constatando o efeito da plasticidade do arroz em produzir um maior número de panículas por planta com a redução na densidade de semeadura, sem demonstrar variação na produtividade de grãos por área.

No entanto, Wang et al. (2014) constataram que o rendimento por unidade de área não pode ser totalmente compensado pelo aumento do rendimento de plantas individuais e, portanto, um número suficiente de plantas é necessário para atingir altos rendimentos. Ainda de acordo com os autores, o rendimento de grãos por área é, em última análise, determinado pelo número de panículas por área e a produção de grãos por panícula. Constataram também como densidade ideal de semeadura o valor entre 21,0 e 25,5 quilogramas de sementes por hectare para híbridos de arroz de alto rendimento.

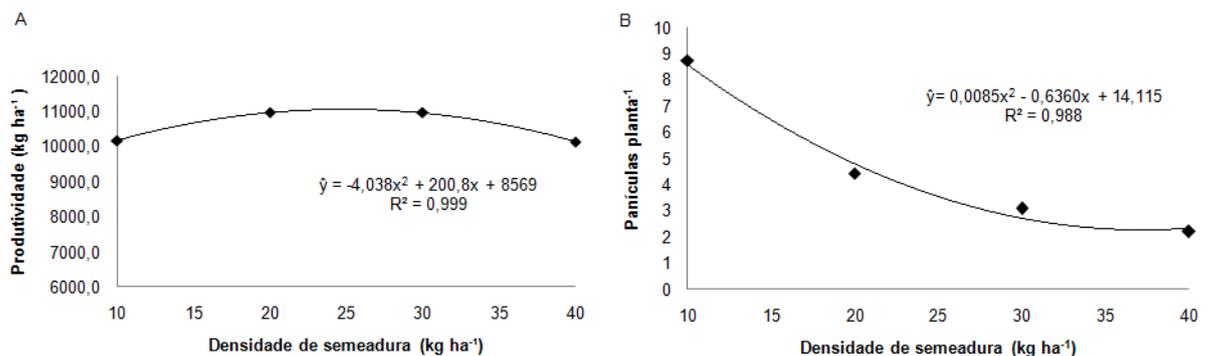


Figura 1. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) (A) e número de panículas por planta (B) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.

A massa de 1000 grãos representa um importante componente de rendimento da cultura do arroz, uma vez que o rendimento de grãos é definido pela capacidade da planta em alocar fotoassimilados para os grãos, o que também é determinado pelas características genética da planta (MURATA; MATSUSHIMA, 1975). Dessa forma, a fase de enchimento de grãos é um dos períodos mais sensíveis a estresses abióticos.

Conforme Crepy et al. (2013) o rendimento de grãos do arroz é dado, entre outros fatores, pela biomassa das espiguetas, a qual é afetada pela relação entre a capacidade da fonte e os drenos reprodutivos da plantas. Neste sentido, observa-se que o híbrido H4 CL apresenta maior capacidade de acúmulo de carboidratos nos grãos refletindo positivamente na massa de mil grãos, embora isso não tenha se

refletido em acréscimos no rendimento de grãos. A obtenção de peso final de grãos superiores também está relacionada com uma maior taxa de crescimento do genótipo (CREPY et al., 2013), expressando o ganho de peso da cultura em relação a unidade de área e de tempo.

A massa de mil grãos não foi afetada pela variação na densidade de semeadura (Tabela 1). A massa de 1000 grãos de arroz irrigado, não variou cultivado em diferentes densidades de semeadura (HÖFS et al., 2004). Também Sousa et al. (1995) e Crusciol et al. (2000) não verificaram efeito da variação na densidade de semeadura sobre a massa de 1000 grãos. Assim como, Faruk et al. (2009) constataram, no sistema de transplântio, que a massa de 1000 grãos não foi afetado pelas idades das mudas, número de mudas e suas interações. Diferentes densidades de semeadura de arroz de sequeiro não influenciou na massa de 100 grãos (SANTOS et al., 2002).

A altura de plantas sofreu redução linear com o acréscimo na densidade de semeadura para o híbrido BRS CIRAD 302, enquanto que o híbrido H4 CL apresentou altura superior em densidades em torno de 20 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2). Pode-se observar também que o híbrido BRS CIRAD 302 apresentou em geral maior altura de plantas. Estes resultados diferem daqueles obtidos por Oliveira et al. (1997) que determinaram um aumento significativo na altura de plantas com o aumento do espaçamento e densidade de semeadura em sistema de irrigação por aspersão. No entanto, Crusciol et al. (1999), verificaram que houve efeito significativo das densidades de semeadura sobre a altura de plantas, sendo que utilização da menor densidade resultou em maior altura de plantas. Assim como, Santos et al. (1988), que constataram aumento na altura de plantas com a redução da densidade de semeadura e aumento do espaçamento.

De acordo com Pedroso (1985), a quantidade ótima de plantas, por unidade de área, depende principalmente da estatura de plantas, do vigor de plantas e da capacidade de afilhamento das cultivares.

O fotoperíodo exerce influência sobre os efeitos da heterose, para altura de plantas e rendimento de grãos, sugerindo que o tratamento de dia curto pode encurtar o tempo de florescimento, mas também reduzir a altura da planta, concluindo que a altura e número grãos por panícula são fortemente afetados pela duração do dia (YUAN et al., 2015).

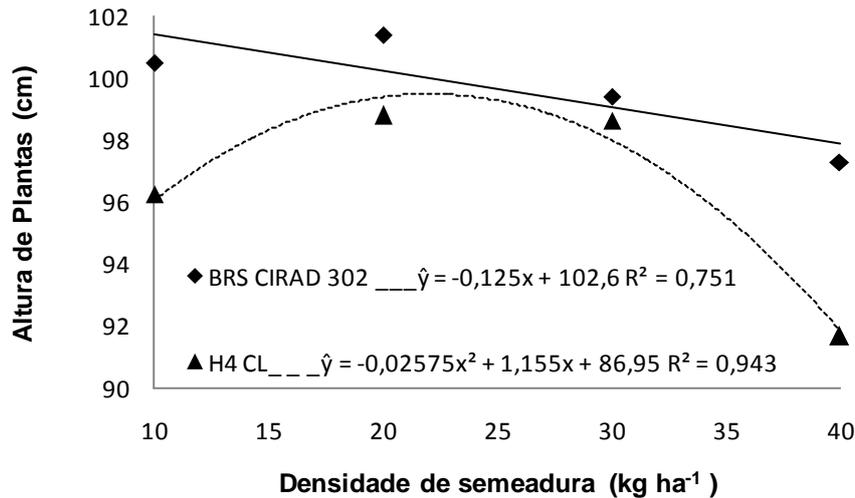


Figura 2. Altura de plantas (cm) de híbridos de arroz irrigado, BRS CIRAD 302 e H4 CL, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.

#### 4.1.2 Local: Capivari do Sul

Observando-se os valores dos quadrados médios apresentados na tabela 1 para o município de Capivari do Sul, constata-se que não ocorreu interação entre os fatores híbridos e densidades de semeadura para nenhuma das variáveis em observação, com exceção de percentagem de espiguetas estéreis por panícula. Na mesma tabela observa-se que os híbridos diferiram entre si para a massa de mil grãos e altura de plantas, enquanto que a variação na densidade de semeadura afetou a produtividade média, o número de panículas por planta e por área, e o número de grãos por panícula. A percentagem de sementes verdes não foi afetada por nenhum dos fatores analisados.

A produtividade apresentou acréscimos até em torno da densidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> mantendo-se estabilizado a partir dessa densidade (Figura 3-A). Comportamento similar pode ser observado para o número de panículas por metro quadrado (Figura 3-B), que também demonstrou acréscimos até densidades em torno de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Para populações inferiores a 20 kg ha<sup>-1</sup>, porém, o aumento nessas duas variáveis não foi capaz de manter elevada a produtividade média de grãos, proporcionando redução da mesma. Comportamento semelhante para a produtividade média de grãos também foi observada no município de Capão do Leão para densidades inferiores a 20 kg ha<sup>-1</sup>.

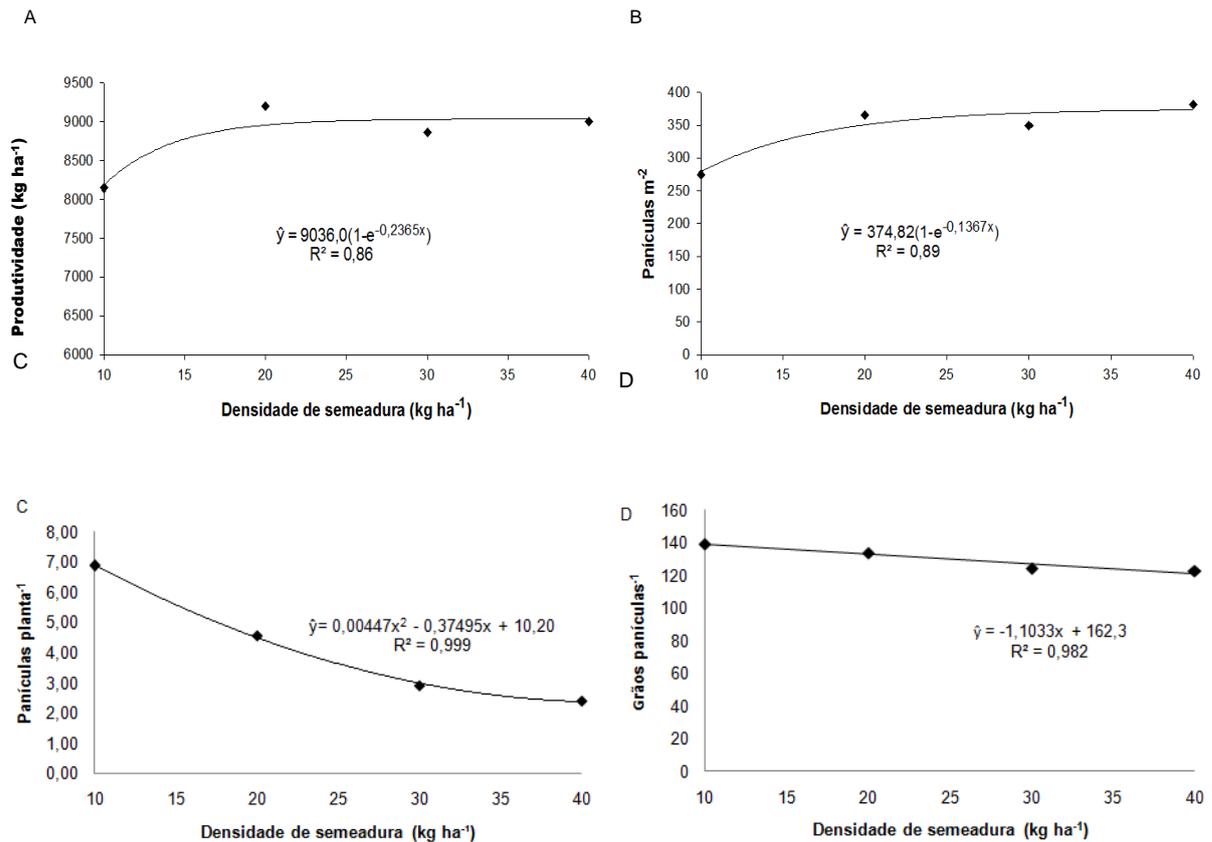


Figura 3. Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) (A), Número de panículas por m<sup>2</sup> (B), Número de panículas por planta (C), Número de grãos por panícula (D) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de sementeira, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Na produção de híbridos, alta capacidade de expressar a plasticidade está entre os principais benefícios para sua utilização, onde os componentes vegetativos e de produção variam com o número de plantas por unidade de área, ocorrendo um processo de compensação nos componentes, de forma em que quando um componente diminui, um outro tende a aumentar (Pedroso, 1993).

Compensações nos componentes número de panículas por m<sup>2</sup>, número de panículas por planta e número de grãos por panículas, em função da redução da densidade de sementeira também foram observadas por Höfs et al. (2004), em cultivares convencionais de arroz irrigado, que não demonstraram alterações no rendimento de grãos. Também Mariot et al. (2003) constataram que a redução da densidade de sementeira em cultivares convencionais de arroz não afetaram a produtividade de grãos.

O maior número de panículas por planta em função da redução na densidade de sementeira representa a capacidade de emissão de perfilhos férteis pelas plantas de arroz, sob essas condições. De acordo com Valério et al. (2008), em trigo,

menores densidades de semeadura resultam em altas produtividades de grãos para genótipos com alto potencial de perfilhamento, ao contrário do que acontece para genótipos menos perfilhadores, sendo comportamento semelhante observado para o arroz. O número de espiguetas por panícula é afetado pelas relações competitivas entre plantas dentro da área e pelas condições ambientais ocorrentes no estágio reprodutivo e de enchimento de sementes (NEDEL et al., 2004).

O número ideal de plantas por unidade de área entre outros fatores possibilita a obtenção de produtividade máxima, em que a densidade de semeadura influencia diretamente sobre os componentes de rendimento (NAKAGAWA et al., 2000).

A redução da densidade de semeadura de híbridos para até 20 kg ha<sup>-1</sup> diminuiria o impacto do custo de produção para aquisição de sementes, sendo este um diferencial competitivo em relação às cultivares convencionais (COUTINHO, 2013). No entanto, a redução da densidade de semeadura implica na utilização de sementes de alta qualidade, visto que, a utilização de menores quantidades de sementes obriga que cada semente produza efetivamente uma planta no campo, proporcionando um adequado estabelecimento da cultura.

Percebe-se, no entanto, que o maior número de panículas por planta com a redução da densidade de semeadura, (Figura 3-C), representa a capacidade de compensação da emissão de panículas por área. Santos et al. (2002), observaram que a densidade de semeadura afetou o número de perfilhos e número de panículas por metro quadrado, sendo que, quanto maior a densidade utilizada, houve aumento das variáveis citadas.

Quanto ao número de grãos por panícula, (Figura 3-D), o resultado observado em Capivari do Sul é semelhante ao constatado por Lima et al. (2010), onde o número de espiguetas granadas por panícula dos colmos principais e dos afilhos reduziu com o aumento da densidade de semeadura.

O rendimento de grãos de arroz irrigado é determinado pela biomassa e pelo índice de colheita, quando não existem limitantes bióticos e abióticos, sendo que a biomassa é determinada pelos níveis de radiação solar, sendo a cultura do arroz, altamente sensível à baixa radiação na fase reprodutiva, principalmente no período entre a diferenciação do primórdio floral até a floração (MENEZES et al. , 2004).

Densidades de semeadura entre 50 e 90 sementes por metro para cultivares convencionais de arroz de sequeiro, não exercem influência na produtividade de grãos (Santos et al., 2002).

Na figura 4, é possível verificar a interação dos fatores para variável percentagem de espiguetas estéreis por panícula. Observa-se um maior percentual de espiguetas estéreis no híbrido BRS CIRAD 302 em densidades inferiores a 20 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que o híbrido H4CL não foi afetado pela densidade de semeadura para essa característica.

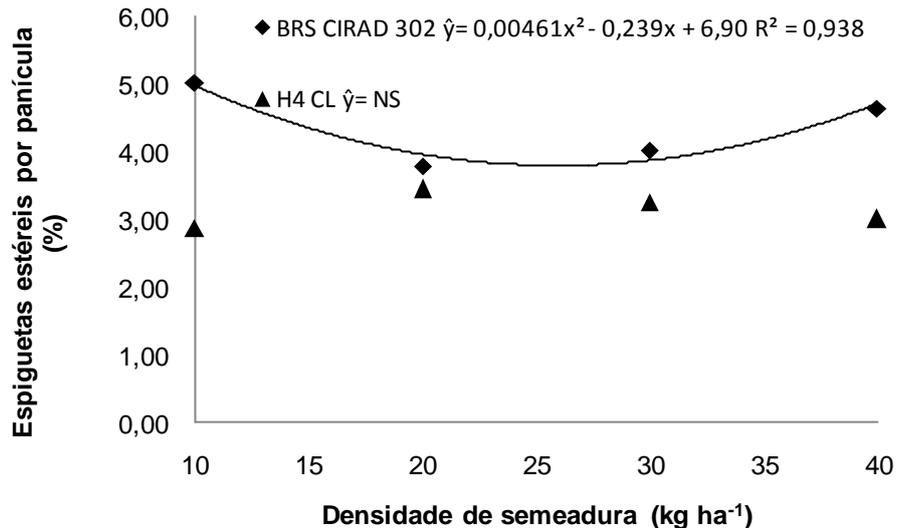


Figura 4. Espiguetas estéreis por panícula (%) de híbridos de arroz irrigado, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

A esterilidade das espiguetas pode ser atribuída ao efeito de ambiente desfavorável, sendo a redução da radiação solar provocada pela diferença de altura entre plantas dentro de uma população, um dos fatores que interfere negativamente (MENEZES & SILVA, 1998). Segundo Castro et al. (1999) a fertilidade do solo e o espaçamento de plantas interferem no enchimento de espiguetas.

A ocorrência de um maior percentual de espiguetas estéreis na menor densidade de semeadura pode estar associada à desuniformidade de florescimento devido à emissão de maior número de perfilhos. Em trabalho realizado por Lima et al. (2010), no entanto, a fertilidade das espiguetas por metro quadrado, dos colmos principais e dos afilhos não foram influenciadas pelas densidades de semeadura (100, 200, 300, 400, 500 e 600 sementes viáveis m<sup>-2</sup>), havendo provável ajuste no processo de distribuição de fotoassimilados.

Os dois híbridos apresentaram resposta semelhante entre si para a variação na densidade de semeadura, e não diferiram entre si para a produtividade média de

grãos em nenhum dos locais. No entanto, a produtividade média foi superior no município de Capão do Leão devido, provavelmente, às condições ambientais favoráveis no período do cultivo, como temperatura do ar adequada para as fases de desenvolvimento, não havendo grandes volumes de precipitação no período de estabelecimento de plantas e floração. Para a massa de 1000 grãos o híbrido H4 CL foi superior em ambos os locais (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade, componentes de rendimento e características agrônômicas de híbridos de arroz irrigado, na média de quatro densidades de semeadura, no município de Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Híbrido	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Pan m <sup>-2</sup>	Pan planta <sup>-1</sup>	Grãos panícula <sup>-1</sup>	Massa de 1000 grãos (g)	Altura de plantas (cm)	Grãos Verdes (%)
BRS CIRAD 302	8.812 a	347 a	4,25 a	137,6 a	23,5 b	106 a	19,15 a
H4 CL	8.791 a	337 a	4,11 a	131,8 a	26,0 a	100 b	16,62 a
CV (%)	6,46	10,36	11,35	9,67	1,89	3,04	33,96

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com o Menezes et al. (2004), o uso de baixa densidade de semeadura, em arroz irrigado, permite ao produtor fazer economia, comprar semente de melhor qualidade e reduzir o custo de produção.

## 4.2 Qualidade industrial

Observa-se na tabela 4, que não houve interação entre os fatores e nem efeito de densidade de semeadura para as variáveis de qualidade industrial de grãos nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul. Para o fator híbridos, em Capão do Leão, houve significância estatística para as variáveis porcentagem de grãos inteiros e porcentagem de grãos quebrados, enquanto que em Capivari do Sul, análise da variância mostra que não houve efeito desse fator para todas as variáveis.

Dessa forma constata-se que a variação na densidade de semeadura não influenciou a qualidade industrial dos grãos em nenhum dos locais testados. Conforme Franco et al. (2011), o rendimento de grãos inteiros está relacionado com o tamanho e forma dos grãos, sendo influenciado pelo atraso na colheita, alta temperatura e processos de pós colheita (secagem e armazenamento), e além disso, a qualidade física dos grãos de arroz após o beneficiamento depende dos

efeitos do ambiente no período de sua formação, do genótipo, das práticas de manejo empregadas durante o crescimento, desenvolvimento e colheita.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a qualidade industrial de dois híbridos de arroz irrigado, submetidas a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Capão do Leão	Quadrados Médios			CV %
	Híbridos	Densidades	Interação	
Renda do benefício (%)	2.88 <sup>NS</sup>	1.04 <sup>NS</sup>	0.29 <sup>NS</sup>	1.32
Grãos inteiros (%)	19.06*	1.25 <sup>NS</sup>	2.86 <sup>NS</sup>	2.73
Grãos quebrados (%)	7.13*	0.84 <sup>NS</sup>	1.76 <sup>NS</sup>	20.47

Capivari do Sul	Quadrados Médios			CV %
	Híbridos	Densidades	Interação	
Renda do benefício (%)	3.62 <sup>NS</sup>	0.64 <sup>NS</sup>	0.64 <sup>NS</sup>	1.98
Grãos inteiros (%)	1.60 <sup>NS</sup>	2.53 <sup>NS</sup>	2.81 <sup>NS</sup>	5.26
Grãos quebrados (%)	0.41 <sup>NS</sup>	1.15 <sup>NS</sup>	1.38 <sup>NS</sup>	34.22

NS- F não significativo; \* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A qualidade industrial dos grãos tanto do colmo principal como dos perfilhos, não é afetada pela variação nas densidades de semeadura e pelos diferentes arranjos de plantio (FRANCO et al., 2011).

A qualidade industrial de híbridos de arroz irrigado sob diferentes arranjos e densidades de semeadura não é afetada (GOULART et al., 2015).

O híbrido BRS CIRAD 302 apresentou maior percentagem de grãos inteiros e menor percentagem de grãos quebrados no município de Capão do Leão, demonstrando uma maior qualidade industrial do que o híbrido H4 CL (Tabela 5), não diferindo para essas características no município de Capivari do Sul. Essa diferença entre os híbridos pode ser atribuída a características genéticas dos materiais. As diferenças entre cultivares para a qualidade industrial de grãos são devidas, entre outros fatores, pela composição química dos grãos, velocidade de absorção de água, dureza, dimensões dos grãos, presença de centro branco nos grãos, grãos gessados e amplitude no teor de água (MARCHEZAN et al., 1993).

O processamento industrial de grãos pelo método convencional de descasque e polimento, dando origem ao arroz branco polido, resulta em 3 a 5% de impurezas retiradas nas máquinas de limpeza, 19 a 23 % de casca, 8 a 12 % de farelo e 65 a 75% de grãos polidos (inteiros e quebrados), (PEDROSO, 1985). No Brasil, a preferência do mercado é por arroz de grão longo-fino, translúcido, com bom aspecto visual (sem defeitos), alta renda do benefício (70%) e alto rendimento industrial de grãos inteiros (>60%) (SOSBAI, 2014). Percebe-se pelas informações

da tabela 5, que os híbridos avaliados atendem os requisitos para atender a preferência do mercado brasileiro em termos de qualidade industrial, relativamente a percentagem de grãos inteiros.

Tabela 5. Qualidade industrial de híbridos de arroz irrigado, BRS CIRAD 302 e H4CL, nos municípios de Capão do Leão-RS e Capivari do Sul, safra 2014/15.

Capão do Leão	Renda total do benefício (%)	Grãos inteiros (%)	Grãos quebrados (%)
BRS CIRAD 302	69,87 a	64,83 a	5,04 b
H4 CL	69,18 a	63,04 b	6,13 a
CV (%)	1,32	2,74	20,47
Capivari do Sul	Renda total do benefício (%)	Grãos inteiros (%)	Grãos quebrados (%)
BRS CIRAD 302	69,22 a	63,21 a	6,01 a
H4 CL	70,00 a	63,72 a	6,27 a
CV (%)	1,98	5,26	34,22

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 4.3 Qualidade comercial

A avaliação da qualidade comercial dos grãos em função do grau de opacidade demonstra que somente a interação entre os fatores híbridos e densidades de semeadura apresentou significância estatística para o grau de opacidade menor que 1/3 e entre 1/3 e 2/3 da superfície dos grãos, no município do Capão do Leão. Para as demais variáveis não foi observado nenhum efeito dos fatores em estudo (Tabela 6). Para o município de Capivari do Sul não se observa nenhum efeito dos fatores considerados para todas as variáveis. Na tabela 7 estão apresentados os valores do grau de opacidade para os dois híbridos.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para qualidade comercial de dois híbridos de arroz irrigado, grau de opacidade, submetidas a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Capão do Leão	Quadrados Médios			CV %		
	Híbridos	Densidades	Interação			
Menor que 1/3	0.97 <sup>NS</sup>	0.29 <sup>NS</sup>	1.24*	46.53		
Entre 1/3 e 2/3	7.37*	0.88 <sup>NS</sup>	1.36*	25.14		
Maior que 2/3	0.47 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	41.38		
Capivari do Sul	Quadrados Médios			CV %		
	Híbridos	Densidades	Interação			
	Menor que 1/3	0.05 <sup>NS</sup>	0.12 <sup>NS</sup>		0.16 <sup>NS</sup>	50.95
	Entre 1/3 e 2/3	0.18 <sup>NS</sup>	0.14 <sup>NS</sup>		0.25 <sup>NS</sup>	20.75
Maior que 2/3	0.03 <sup>NS</sup>	0.09 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	29.59		

NS- F não significativo; \* F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na classificação oficial dos grãos quanto à qualidade comercial conforme a Instrução Normativa nº 6 MAPA, de 16 de fevereiro de 2009 e a Instrução Normativa nº 2 MAPA, de 6 de fevereiro de 2012 para o arroz em, subgrupo natural, são considerados defeitos grãos ardidos, picados ou manchados, gessados, verdes, rajados e amarelos (Brasil, 2009). No entanto, grãos que apresentam pequenos pontos de gessamento nos grãos reduzem o valor comercial do mesmo (SOFIATTI et al., 2006).

Também Franco et al. (2011), não observaram efeito sobre a incidência de cento branco nos grãos e grãos gessados, tanto no colmo principal como nos perfilhos em função da variação nos arranjos de semeadura e na densidade de semeadura, em dois cultivares de arroz irrigado.

Tabela 7. Qualidade comercial de grãos de dois híbridos de arroz irrigado, grau de opacidade, submetidas a quatro densidades de semeadura, nos municípios de Capão do Leão e Capivari do Sul-RS, safra 2014/15.

Capão do Leão	Menor que 1/3 (%)	Entre 1/3 e 2/3 (%)	Maior que 2/3 (%)
BRS CIRAD 302	1,37 a	2,72 b	1,38 a
H4 CL	1,96 a	4,32 a	1,78 a
CV (%)	46.53	25.14	41.38
Capivari do Sul	Menor que 1/3 (%)	Entre 1/3 e 2/3 (%)	Maior que 2/3 (%)
BRS CIRAD 302	1,19 a	1,83 a	0,99 a
H4 CL	1,36 a	2,14 a	0,89 a
CV (%)	50.95	20.75	29.59

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na figura 5 que a percentagem de grãos com grau de opacidade menor que 1/3 dos grãos e entre 1/3 e 2/3 dos grãos sofreu acréscimo com o aumento da densidade de semeadura para o híbrido H4 CL, no município de Capão do Leão (Figura 5), demonstrando que a redução na densidade favorece na diminuição da percentagem de grãos com algum grau de opacidade. Por outro lado, o híbrido BRS CIRAD 302 não foi afetado pela variação na densidade de plantio para essas características.

A densidade de semeadura exerce grande influencia sobre a qualidade dos grãos, sendo que a alta densidade pode reduzir significativamente a razão de grão não polido e polido, teor de proteína, diminuição da transparência dos grãos, enquanto que, aumenta a proporção de área opaca dos grãos e teor de amilose e consistência de grãos de arroz (CHEN et al., 2002).

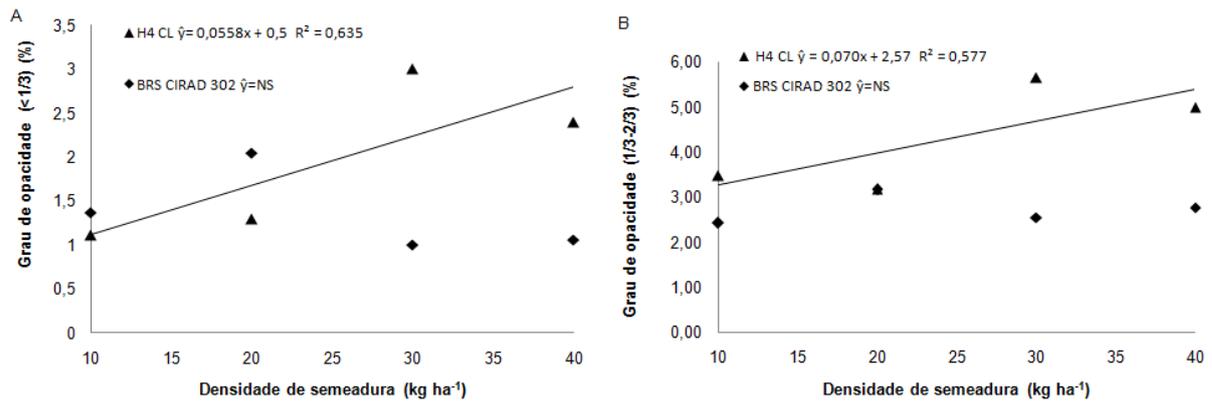


Figura 5. Qualidade comercial de híbridos de arroz irrigado, representada pela porcentagem de grãos com graus de opacidade <1/3 (A) e entre 1/3-2/3 (B) dos grãos, em função da variação na densidade de semeadura, no município de Capão do Leão-RS, safra 2014/15.

A densidade de plantas não afetou o percentual que grãos opacos em três populações de plantas, 16,32 e 48 plantas por metro quadrado (AHMAD et al., 2009).

Fu-Xian et al. (2004), verificaram que o aumento qualidade dos grãos no cultivo em maior espaçamento foi devido a um aumento no número de espiguetas por panícula devido a redução na taxa de enchimento de grãos melhorando o percentual de área opaca nos grãos.

O estresse ocasionado por altas temperaturas facilita a formação de gesso nos grãos devido à conformação desorganizada da estrutura dos amiloplastos, sendo que a diferença no tempo de duração da exposição nas altas temperaturas durante diferentes períodos de amadurecimento dos grãos interfere no processo fisiológico padrão de acúmulo de amido nos amiloplastos (PRESTES, 2013). O surgimento de grãos gessados pode ser acentuado no caso de cultivares que possuem panículas grandes, que apresentam um acentuado diferencial de umidade nos grãos na panícula, contribuindo para aumentar o nível de gessamento e baixar o rendimento industrial (PRESTES, 2013).

## 5 Conclusões

A partir da densidade de semeadura de 20 kg ha<sup>-1</sup>, não há efeito da densidade de semeadura sobre a produtividade dos dois híbridos de arroz irrigado;

A qualidade industrial de grãos dos híbridos não é influenciada pela variação na densidade de semeadura.

A redução na densidade de semeadura para até 10 kg ha<sup>-1</sup> não prejudica a qualidade comercial dos grãos dos híbridos de arroz irrigado.

## Referências

- AHMAD, S.; ZIA-UL-HAQ, M.; ALI, H.; AHMAD, A.; KHAN, M.A.; KHALIQ, T.; HUSNAIN, Z.; HUSSAIN, A.; HOOGENBOOM, G. Morphological and quality parameters of *Oryza sativa* L. as affected by population dynamics, nitrogen fertilization and irrigation regimes. **Pakistan Journal of Botany**. v.41, n.3, p.1259-1269, 2009.
- AHMAD, S. A.; HUSAIN, H.; ALI, H.; AHMAD, A. Transplanted fine rice (*Oryza sativa* L.) productivity as affected by plant density and irrigation regimes. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. v.7, n. 3, p.445–447, 2005.
- AHMAD, S. & HASNUZZAMAN, M. Integrated Effect of plant density, N rates and irrigation regimes on the biomass production, N Content, par use efficiencies and water productivity of rice under irrigated semiarid environment **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. v. 40, n. 1, p. 201-211, 2012.
- AMARAL, A. dos S. Proteção e manejo de cultivares de arroz irrigado. In: PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. S.A. **Produção de Arroz Irrigado**. 2004, p. 433-443.
- BADSHAH, M. A.; TU, N.; ZOU, Y.; IBRAHIM, M.; KE, W. Yield and tillering response of super hybrid rice Liangyoupeijiu to tillage and establishment methods. **The Crop Journal**. v. 2, 2014. p. 79-86.
- BALOGH, A.W.; SOOMRO, A.M.; JAVED, M. A.; AHMED, M.; BUGHIO, H.R.; BUGHIO, M.S.; MASTOU, N.N. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**. v.1, n. 1, p. 25-27, 2002.

BALBINOT JR., A. A.; FLECK, N. G., BARBOSA NETO, J. F., RIZZARDI, M. A. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**. v. 21, n.2, p.165-174, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, MAPA/ACS. 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova o regulamento técnico do arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Instrução Normativa nº 6**, de 16 de fevereiro de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 3., 17 fev. 2009.

CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 34).

CHEN, F.; PORTCH, S.; YUN, J. Improving rice quality through crop and resource management. In: MEW, T.W.; BRAR, T.S.; PENG, S.; DAWE, D. HARDY, B. **Rice science: innovations and impact for livelihood**. Proceedings of the International Rice Research Conference. 2002, p. 479-486.

COIMBRA, J. L. M.; BERTOLDO, J. G.; VALE, N. M. do. Uso da macho-esterilidade no melhoramento de híbridos comerciais em arroz. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 7, n.1, p. 61-74, 2008.

COIMBRA, J. L. M; OLIVEIRA, A. C. de; CARVALHO, F. I. F. de; MAGALHÃES JR., A. M. de; FAGUNDES, P. R.R; KOPP, M. M. Heterose em arroz híbrido. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 12, n. 3, p. 257-264, 2006.

CONAB. Arroz - Brasil. **Acompanhamento da Safra Brasileira-Grãos: Oitavo Levantamento**, Maio/2015. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)> Acesso em: 22/09/2015.

COSTA, C. M. da; SANTOS, V. F. S. da; SOUZA, A. T. de; SANTOS, L. C. R. da S.; GUTERRES, I. S.; SOARES, R. C. **Características Industriais dos Grãos Híbridos de Arroz RiceTec no Brasil**. 1ª ed. 2010. Disponível em: <<http://ricetec-sa.com/upload/handbook/7013b7c5063894370727818f868debe2.pdf>>. Acesso em: 26/01/16.

COUTINHO, A. R.; WANDER, A. E.; NEVES, P. de C.; TAILLEBOIS, J. E.; CHAVES, M. O.; CAMARGO, L. F. Redução da densidade de plantio como alternativa para o aumento da competitividade de cultivares de arroz híbrido no

mercado gaúcho. In: VII Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado: racionalizando recursos e ampliando oportunidades. **Anais...** Balneário Camboriú-SC, Resumo, 2011. p.793-796.

CREPY, M.; PIRCHI, J.H.; MEICHTRY, M.B.; GREGORI, L.A.; ARGUISSAIN, G.G. Relación fuente-destino y su incidência en el llenado de granos de 3 genotipos de arroz. In: Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado. **Anais...** Santa Maria-RS, Resumo, 2013, p. 49-52.

CRUSCIOL, C. A.C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n.6, p.1093-1100, 2000.

CRUSCIOL, C. A.C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Componentes de produção e produtividade de grãos de arroz de sequeiro em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Scientia Agricola**. v.56, n. 1, p. 53-63, 1999.

EMBRAPA, **Cultivo de arroz irrigado no Brasil**. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap07.htm>>. Acesso em: 27/07/14.

EMBRAPA, **BRS CIRAD 302**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/brscirad302/noticias/arroz%20hibrido.pdf>. Acesso em: 14/08/15.

FAO. **Hybrid rice for food security**. Organização das Nações Unidas para alimentação e agricultura. 2004. Disponível em: < <http://www.fao.org/rice2004/en/f-sheet/factsheet6.pdf>>. Acesso em: 26/01/16.

FARUK, M. O.; RAHMAN, M.A.; HASAN, M. A. Effect of seedling age and number of seedling per hill on the yield and yield contributing characters of BRRI Dhan33. **International Journal of Sustainable Crop Production**. v. 4, n. 1, p. 58-61, 2009.

FENG, W.; WUGE, L.; YISHENG, H.; ZHENRONG, L. Improving grain quality in hybrid rice. In: Xie, F.; Hardy, B. **Accelerating hybrid rice development**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2009, p. 367-375.

FRANCO, D. F.; CORREIA, L. A. V.; MAGALHÃES JR., A. M, de M.; ZONTA, E. P.; BAZINELLO, P. Z.; SILVA, M. G. da; KRÜGER, F. de O. Qualidade do grão formado no colmo principal e nos perfilhos de plantas de arroz (*Oryza sativa*, L.) em função de diferentes arranjos de distribuição de plantas no solo. **Revista Brasileira Agrocência**. v.17, n.1-4, p.78-84, 2011.

- FREITAS, T. E. F. de. **Densidade de sementeira e adubação nitrogenada em cobertura na época de sementeira tardia de arroz irrigado**. 2007, 72f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- FU-XIAN, X.; JIA-KUI, Z.; YONG-CHUAN, Z.; GUI-XIONG, W.; DA-JIN, Y. ; KANG, L. Effect of super sparse cultivation on head milled rice percentage and chalkiness in hybrid rice varieties in the eastern and southern districts of sichuan province. **Chinese Journal of Plant Ecology**. v. 28, n.5, p. 686-691, 2004.
- GOULART, E. da S. **Arranjos de sementeira e desempenho de híbridos de arroz**. 2012, 27f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2012.
- GOULART, E. da S. ; SCHUCH, L. O. B.; TUNES, L. V. M. de; VIEIRA J. F. Performance of rice hybrids determined by different planting arrangements. **Ciencia e Investigación Agraria**. v. 42, n. 1, p.75-83, 2015.
- GUERRA, E. P.; BESPALHOK, J. C. F. **Híbridos em espécies autógamias**. Disponível em: <http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%209.pdf>. Acesso em: 12/08/15.
- HECKLER, J. C. Efeito do espaçamento e densidade de sementeira sobre o rendimento de grãos e outros componentes do rendimento de arroz de várzea no Mato Grosso do Sul. In: **Resultados da Pesquisa com a Cultura do Arroz em 1979/1980**, Dourados-MS. EMBRAPA,1980. p. 26-29.
- HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T., BARROS, A. C. S.A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de sementeira sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 26, n. 2, p. 54-62, 2004.
- LI, J.; XIN, Y.; YUAN, L. **Hybrid Rice Technology**. 2009. 40 p.
- LI, J.; YUAN, L. Hybrid Rice: Genetics, Breeding, and Seed Production. In: Janick, J. **Plant Breeding Reviews**. Changsha, China. 2000, p.15-158.
- LIN, X. Q.; ZHU, D. F.; CHEN, H. Z.; CHENG, S. H.; UPHOFF, N. Effect of plant density and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake of hybrid rice (*Oryza sativa* L.) **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development** . v. 1, n. 2, p. 044-053, 2009.

- LIMA, E. do V.; CRUSCIOL, C. A.C; MATEUS, G. P. Participação do colmo principal e dos afilhos na produtividade do arroz irrigado, em função da densidade de semeadura. **Bragantia**. v. 69, n. 2, p.387-393, 2010.
- MARCHEZAN, E., GODOY, O. P., FILHO, J. M. Relações entre a época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 28, n.7, p. 843-848. 1993.
- MARÍN, A. R.; TORRES, E.; CORREDOR, E.; CARABALÍ, J. Evaluacion de hibridos de origen CIAT en Corrientes. In: **Proyecto Arroz, Resultados Campaña 2011/12**. V. XX, INTA. 2012. p. 19-23.
- MARIOT, C. E. P.; SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 2, p. 233-241, 2003.
- 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**. IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz, Cachoeirinha. 2004. 32p.
- MENEZES, V. G. & SILVA, P. R. F. da. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**. v. 16, n.1, p. 45-58, 1998.
- MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; PANOZZO, L. E.; CARVALHO, R. R.; ZUCHI, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 30, n. 3, p. 86-94, 2008.
- MING-HONG, G.; QIAO-QUAN, L.; CHANG-JIE, Y.; SHU-ZHU, T. Grain quality of hybrid rice: genetic variation and molecular improvement. In: Xie, F.; Hardy, B. **Accelerating hybrid rice development**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2009, p. 345-357.
- MURATA, Y. ; MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L. T. **Crop physiology**. London, Cambridge University Press. 1975, p.73-99.
- NAKAGAWA, J. ; LASCA, D.C.; NEVES, G. S.; SILVA, M. N.; SANCHES, S. V.; BARBOSA, V.; ROSSETTO, C. A. V. Densidade de plantas e produção de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 57, n.1, p. 67-73, 2000.
- NEVES, P. de C. F. **Melhoramento Genético de Arroz: exploração da heterose no desenvolvimento de cultivares**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23223/1/pl-anais.pdf>>. Acesso em 25/07/14.

- NEDEL, J. L.; SCHUCH, L. O. B.; ASSIS, F. N. de; CARMONA, P. S. A planta de arroz: morfologia e fisiologia. In: PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. S.A. **Produção de arroz irrigado**. 2004, p. 17-61.
- OLIVEIRA, C. G. K. de. **Produtividade de arroz híbrido em função da contaminação genética e densidade de sementeira**. 2011, 29f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.
- OLIVEIRA, A. B. de.; BRANDÃO, S.S.; CONDE, A. R.; GIUDICE, R. M. de. Espaçamento entre fileiras e densidade de plantio em dois cultivares de arroz, sob irrigação por aspersão. **Revista Ceres**. v. 24, n. 135, 427-443, 1997.
- PARISOTTO, E.; VINHAS, M. R.; SANTOS, V. F.; BOCK, F.; SANTOS, J. Avaliação do rendimento de grãos em função de diferentes densidades de sementeira em quatro híbridos de arroz. In: Congresso Brasileiros do Arroz Irrigado. **Anais...**Santa Maria-RS, Resumo, 2013, p.1324-1327.
- PEDROSO, B. A. Densidade de sementeira para arroz irrigado. Reunião da cultura do arroz irrigado. **Anais...** Porto Alegre: Irga, Resumo, 1983, p.95-98.
- PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre, 1985. 175 p.
- PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S.A. Produção de sementes de arroz. In: PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. S.A. **Produção de Arroz Irrigado**. 2004, p. 349-403.
- PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2ªed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPEL, 2006. 470p.
- PRESTES, D.N. **Qualidade industrial e propriedades do amido de grãos do colmo principal e dos perfilhos de genótipos de arroz**. 2013, 85f. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.
- RIEFFEL NETTO, S.R.; SILVA, P. R. F.; MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P. Resposta de genótipos de arroz irrigado ao arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n.12, p. 2383-2390, 2000.
- ROSSO, A. F. de; VALENTINI, A.P.; WALDOW, D. A. G.; AVOZANI, A. A.; FONSECA, G. de M.; FUNCK, G. R. D.; TROJAN, S. da C.; JAEGER, R. L.; PIAZZETTA, D.; NEVES, G.; CREMONESE, J. L. C.; TOMAZI, I.; COSTA, M. S. da;

- BARROZO, E.; OLIVEIRA, I. C. P. de; VELHO, A. C. P. Avaliação de genótipos de arroz híbrido no estado do Rio Grande do Sul-Safra 2011/12. In: Congresso Brasileiros do Arroz Irrigado. **Anais...**Santa Maria-RS, Resumo, 2013. p.73-76.
- SANTOS, B. P. T.; CALIARI, M.; EIFERT, E. da C. **Características físicas dos grãos de arroz translúcidos e gessados**. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104906/1/p1496.pdf>>. Acesso em 22/07/14.
- SANTOS, P. G.; CASTRO, A. P. de; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. A. de O. Efeito do espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 26, n.3, p.480-487, 2002.
- SANTOS, A. B.; FERREIRA, E.; AQUINO, A. R. L.; SANT'ANA, E. P.; BALDT, A. F. População de plantas e controle de pragas em arroz com complementação hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 23, n.4, p.397-404,1988.
- SCHUCH, L. O. B. Densidade de semeadura. **Seed News**. n. 5, p.10-12, 2001.
- SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. O. B.; PINTO, J. F.; CARGIN, A.; LEITZIKE, L. N.; HÖLBING, L. dos S. Efeitos de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 36, n.2, p.418-423, 2006.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192 p.
- SOUZA, R. O.; GOMES, A. da S.; MARTINS, J. F. da S.; PEÑA, Y. A. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.1, n. 2, p. 69-74, 1995.
- SREENIVASULU, N. **Rice Grain Quality**. Disponível em: <[http://knowledgebank.irri.org/hrdc/images/2015\\_hrdc\\_meeting/grain\\_quality\\_research\\_update\\_nesesreenivasulu.pdf](http://knowledgebank.irri.org/hrdc/images/2015_hrdc_meeting/grain_quality_research_update_nesesreenivasulu.pdf)>. Acesso em: 20/12/2015.
- STEINMETZ, S., INFELD, J. A., MALUF, J. R. T. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul: recomendação de épocas de semeadura por município**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996. 30p. (Documentos, 19).
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; KLAMT, E. Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. **Informativo EMATER-RS**, v.16, n.9, p.1-5, 1999.

- TAILLEBOIS, J. Mitos, verdades e perspectivas na adoção de híbridos. IX Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Pelotas, RS. **Anais...** Resumo, 2015. p. 1285-1292.
- TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R.; MACHADO, M. O. ; MAGALHÃES JR., A. M. de; NUNES, C. D. M. Melhoria genética e cultivares de arroz irrigado. In: Gomes, A. da S.; MAGALHÃES JR., A. M. de. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. 2004, p.161-226.
- VALÉRIO, I. P. **Efeito do ambiente e densidade de semeadura em genótipos de trigo contrastantes para o caráter afilamento**. 2008, 25f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.
- WANG, D.;CHEN,S.; WANG, Z. ; JI, C.; XU, C.; ZHANG, X.; CHAUHAN, B. S. Optimizing hill seeding density for high-yielding hybrid rice in a single rice cropping system in south China. **Plos one**. v.9, n. 10, p. 1-14, 2014.
- YUAN, H. Z.; RAN,Z. B.; MING, L.Q.; QIN, F.X.; YUN, X.Y.; PING, Y.L. Heterosis expression of hybrid rice in natural- and short-day length conditions. **Rice Science**. v. 22, n. 2, p. 81–88, 2015.
- ZHU-ZHI, W.; JIE, M.; BO-PING, Z.; NENG, N.; DAN-YING, W. Hybrid rice quality in China. In: Xie, F.; Hardy, B. **Accelerating hybrid rice development**. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2009. p. 357-366.