

Adubação nitrogenada sobre rendimento industrial e composição dos grãos de arroz irrigado

Nitrogen fertilization on industrial yield and composition of flood-irrigated rice grains

Leila Picolli da Silva^I Bruna Mendonça Alves^{II} Leandro Souza Da Silva^{III} Elisandra Pcojeski^{IV}
Tiago André Kaminski^V Bruna Sampaio Roberto^{VI}

RESUMO

O efeito de doses em cobertura de adubação nitrogenada foi avaliado sobre o rendimento do beneficiamento, a incidência de grãos gessados e barriga branca, os teores de proteína e de amilose nos grãos polidos da variedade de arroz irrigado IRGA 422CL. Utilizando a ureia como fonte de nitrogênio (N), os tratamentos constituíram-se de doses crescentes distribuídas em cobertura na primeira aplicação (0, 40, 63, 80 e 120kg ha⁻¹ de N), na parcela principal (10x5m), e na segunda aplicação (0, 25, 50 e 75kg ha⁻¹ de N), na subparcela (2,5x5m). Assim, foram obtidos 20 tratamentos com variação de 0 a 195kg ha⁻¹ de N aplicado durante o cultivo. As doses em cobertura de adubação nitrogenada influenciaram quadrática e positivamente o rendimento de grãos inteiros (R²=0,75) e negativamente a percentagem de grãos quebrados (R²=-0,89), não apresentando efeitos significativos na percentagem de casca + farelo. As doses de nitrogênio influenciaram de forma linear positiva sobre o teor de proteína (R²=0,81) e linear negativa sobre o teor de amilose (R²=-0,66), nos grãos polidos da variedade de arroz irrigado IRGA 422CL.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, nitrogênio, grão gessado, proteína, amilose.

ABSTRACT

The effect of nitrogen (N) fertilization levels was assessed by the industrial yield, the incidence of chalky and white belly grains as well as protein and amylose content of IRGA 422CL cultivar polished grains. The experiment was consisted with N levels applied in coverage using urea as a N source. The first application (0, 40, 63, 80 and 120kg ha⁻¹ of N) was carried out on a main plot (10x5m) and the second application (0, 25, 50 and 75kg ha⁻¹ of N) on

a subplot (2,5x5m). Therefore, 20 treatments were obtained varying from 0 to 195kg ha⁻¹ of N applied during cultivation. The nitrogen levels presented a positive quadratic influence on the yield of whole grains (R²=0.75) and a negative influence on the percentage of broken grains (R²=-0.89), not demonstrating significant effects on the percentage of rice hulls + bran. The nitrogen levels influenced protein content in a positive linear way (R²=0.81) and amylose content in a negative linear way (R²=-0.66), in IRGA 422CL cultivar flood-irrigated polished grains.

Key words: *Oryza sativa*, flooded rice, grain chalkiness, protein, amylose.

INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) ocupa aproximadamente 158 milhões de hectares, que representam 11% das terras aráveis do planeta e proporcionam uma produção anual de cerca de 662 milhões de toneladas de grãos em casca, sendo entre 11 e 13 milhões destas produzidas no Brasil, detentor do título de principal produtor fora do continente asiático e nono maior produtor a nível mundial. Neste cenário, o Rio Grande do Sul se destaca por produzir cerca de 66,7% de todo o arroz cultivado no País, com mais de um milhão de hectares cultivados em praticamente todas as regiões da metade sul, que possuem solos de várzea aptos para o cultivo de arroz irrigado (CONAB, 2012).

^IDepartamento de Zootecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{II}Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: brunamalves11@gmail.com. Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Solos, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Programa de Pós-graduação em Ciência dos Solos, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^VDepartamento de Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Itaqui, RS, Brasil.

^{VI}Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Esses dados demonstram a importância do arroz como fonte de renda para a população, de modo bem representado na metade sul do Rio Grande do Sul, onde seu cultivo é a principal atividade econômica e representa mais de 50% do valor bruto da produção para diversos municípios. Dada importância econômica e social, o arroz também representa importante fonte de energia. O consumo médio mundial de arroz é de 60 kg/pessoa/ano, sendo mais elevado nos países asiáticos (125kg pessoa⁻¹ ano⁻¹), enquanto, na América Latina (30kg pessoa⁻¹ ano⁻¹), o Brasil se destaca como maior consumidor (45kg pessoa⁻¹ ano⁻¹) (SOSBAI, 2010).

Os esforços da cadeia produtiva arroseira têm sido direcionados para aumentar a produtividade, melhorar a conservação, aperfeiçoar o processamento, agregar qualidade sensorial e nutricional; os quais são fortemente influenciados por vários fatores de manejo, dentre eles, a adubação nitrogenada. No crescimento dos vegetais, o nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes, pois constitui elemento fundamental em grande parte de seus processos fisiológicos, em especial na síntese proteica. O arroz, assim como a maioria das culturas, tem, no nitrogênio e no potássio, os nutrientes mais absorvidos. O nitrogênio é o elemento mais acumulado depois do potássio, compõe a clorofila e tem diversos efeitos fisiológicos das plantas, como aumento no número de perfilhos, do número de panículas, do número e tamanho de grãos, refletindo diretamente no aumento da produtividade e do conteúdo proteico dos grãos (LIN et al., 2009; MARSHALL & WADSWORTH, 1994; FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993). Também é atribuída maior obtenção de grãos inteiros no beneficiamento (BARBOSA FILHO & FONSECA, 1994; FREITAS et al., 2001), enquanto pouco se sabe da incidência de defeitos e alterações em outros componentes dos grãos, devido a alterações na adubação nitrogenada (MANNAN et al., 2009).

Considerando o exposto, o trabalho foi conduzido no intuito de avaliar o efeito de doses em cobertura de adubação nitrogenada sobre o rendimento do beneficiamento, a incidência de grãos gessados e barriga branca, os teores de proteína e de amilose nos grãos polidos da variedade de arroz irrigado IRGA 422CL.

MATERIAIS E MÉTODOS

Condução do experimento: o experimento de campo foi conduzido na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria no ano agrícola 2008/09. Situada

no centro norte da Depressão Central Gaúcha, nas coordenadas geográficas de 29°41' de latitude sul e 53°48' de longitude oeste, o clima da região enquadra-se na classe "Cfa", subtropical úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen (MORENO, 1961). O solo, classificado como Planossolo Háplico Eutrófico Arênico (EMBRAPA, 2006), foi preparado pelo sistema convencional, com aração e gradagem para o cultivo em sistema irrigado por alagamento da variedade de arroz IRGA 422CL. Utilizando a ureia como fonte de nitrogênio (N), os tratamentos constituíram-se de doses crescentes distribuídas em cobertura na primeira aplicação (0, 40, 63, 80 e 120kg ha⁻¹ de N), na parcela principal (10x5m), e, na segunda aplicação (0, 25, 50 e 75kg ha⁻¹ de N), na subparcela (2,5x5m). A combinação das doses em cobertura permitiu a obtenção de 20 tratamentos com variação de 0 a 195kg ha⁻¹ de N aplicado durante o cultivo, no qual as práticas culturais e o manejo da irrigação seguiram as recomendações técnicas da SOSBAI (2007).

Preparo das amostras: ao final do cultivo, os grãos de cada parcela, com umidade em torno de 20%, foram colhidos e submetidos à secagem em secador de prova (SAC-18, Intecnial). Aproximadamente 1kg de grãos foi disposto em cada gaveta, mantendo a temperatura regulada em 38°C até a umidade das amostras ser reduzida para cerca de 10,5%.

Beneficiamento: em máquina testadora de arroz (MT, Suzuki), cerca de 100g de arroz foi descascado, polido e classificado por operação. As frações remanescentes no *trieur* (grãos inteiros), no cocho (grãos quebrados) e aspiradas pelo ciclone (farelo e casca) foram pesadas para cálculo do rendimento em porcentagem.

Classificação: em 100g da amostra de arroz polido, foram separados os grãos gessados e barriga branca. Para os grãos gessados, observou-se a Instrução Normativa n.6, que dispõe sobre o Regulamento Técnico do Arroz (BRASIL, 2009), enquanto que os grãos parcialmente opacos foram considerados barriga branca.

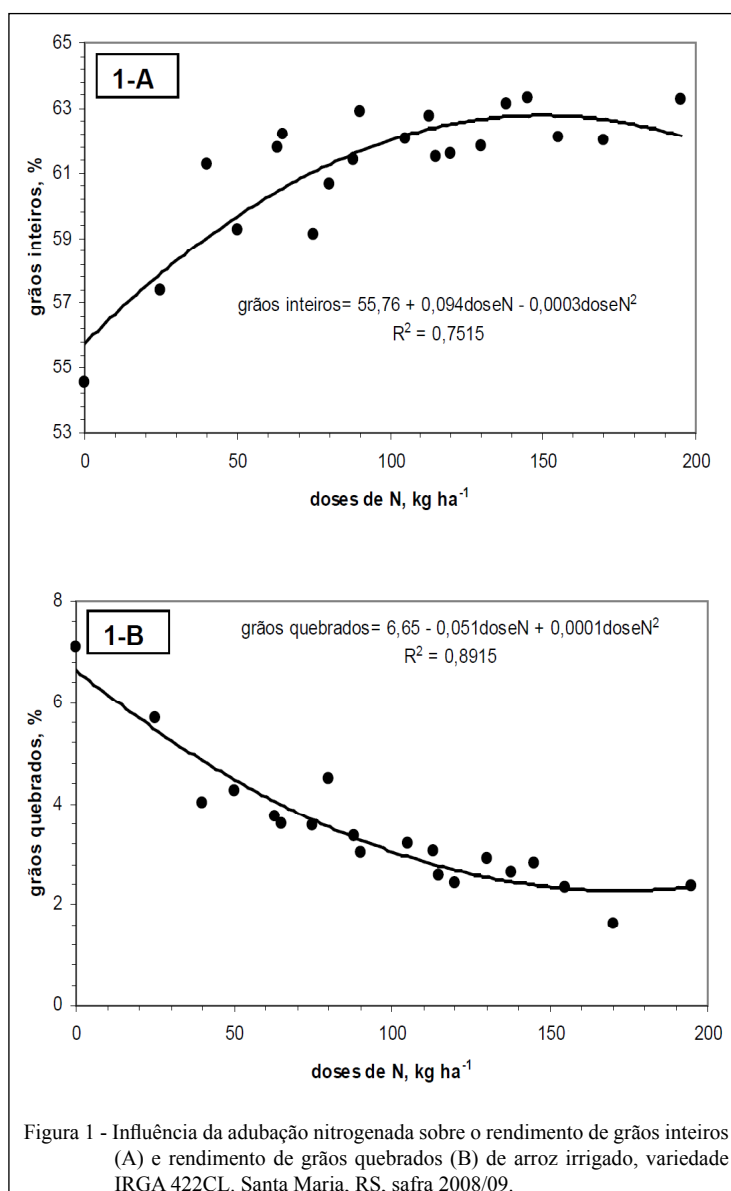
Análises químicas: inicialmente, os grãos polidos foram moídos em micromoinho (MA-630, Marconi), a fim de obter tamanho de partículas apropriado (≤ 1 mm). De acordo com métodos analíticos propostos pela AOAC (2000), as amostras moídas foram submetidas à secagem em estufa a 105°C, até atingirem peso constante para determinação da matéria seca (MS) e umidade. A proteína bruta (PB) foi determinada a partir da quantificação do nitrogênio total, após digestão ácida, destilação pelo método

Kjeldahl e titulação, adotando o valor de 5,95 como fator de conversão do nitrogênio total para PB. O teor de amilose foi avaliado conforme técnica iodométrica, descrita por MARTINEZ & CUEVAS-PEREZ (1989), seguindo as etapas de dissolução, gelatinização, acidificação e adição de solução de iodo para complexação com o amido e leitura em espectrofotômetro a 620nm.

Delineamento experimental e análise estatística: submeteram-se os resultados à análise de regressão e teste F em nível de 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, totalizando 60 unidades experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada influenciou significativamente no rendimento do beneficiamento, com aumento no rendimento de grãos inteiros e redução de grãos quebrados (Figuras 1A e 1B). A qualidade de grãos de arroz, expressa pelo rendimento de grãos inteiros das amostras, apresentou variação de 54,5 a 63,3%, relacionando-se diretamente com as doses de N aplicadas (Figura 1A). Considerando o ajuste quadrático obtido, o maior rendimento (acima de 63%) foi atingido com dose de 156 kg ha^{-1} de N. Entretanto, observaram-se rendimentos superiores a 61% a partir de 90 kg ha^{-1} de N, que é inferior à dose de N recomendada (120 kg ha^{-1}



de N) para obtenção das maiores produtividades de arroz irrigado (SOSBAI, 2007). Os grãos quebrados variaram de 1,6 a 7,1% e, conforme ajuste quadrático, valores inferiores a 2% foram obtidos em doses a partir de 253kg ha⁻¹ de N, que é elevada se considerada a resposta do arroz em produtividade de grãos. Porém, valores de grãos quebrados inferiores a 3% foram obtidos a partir de 100kg ha⁻¹ de N, que é menor do que a dose de N recomendada para a cultura (120kg ha⁻¹ N) (SOSBAI, 2007).

Na cultura do arroz, a maior absorção de N pela planta garante maior proporção de clorofila e maior área foliar (BANCAL et al., 2008), o que se reflete sobre a maior absorção de fotoassimilados. Segundo VAN OOSTEROM et al. (2010), durante o enchimento de grãos, a senescência foliar pode afetar a oferta ou demanda de N na planta, sendo que o equilíbrio inadequado leva à senescência acelerada ou retardada (RAJCAN & TOLLENAAR, 1999), prejudicando diretamente a absorção dos fotoassimilados. Segundo GAN & AMASINO (1997), ocorrendo uma deficiência de N e água durante o enchimento de grãos, há redução na disponibilidade de N, reduzindo a absorção deste nutriente e acelerando a senescência foliar.

A maioria dos fotoassimilados presentes nos grãos de arroz é proveniente da fotossíntese realizada na maturação e, durante a fase reprodutiva da cultura, estes são transformados em componentes da parede celular, como hemiceluloses, celulose e lignina. Os fotoassimilados em excesso, são armazenados nos colmos e bainhas, na forma de amido. Na fase de maturação, quando a morfogênese já se completou, os fotoassimilados acumulam-se nas panículas na forma de amido. Com o avanço do processo, os carboidratos, proteínas e minerais acumulados nas folhas movem-se para as panículas e a planta entra em senescência (VIEIRA & CARVALHO, 1999).

Os teores protéico e amídico em grãos são influenciados pela quantidade de N absorvido durante todo o ciclo das plantas, quando elas competem por fotoassimilados, principalmente durante o enchimento de grãos. Quando a necessidade de N para o rendimento de grãos é satisfeita, o N é destinado para aumentar a concentração proteica dos grãos. No caso de deficiência deste nutriente, os fotoassimilados que seriam convertidos em proteínas, são utilizados na síntese de carboidratos (KELLING & FIXEN, 1992).

Os grãos de arroz apresentam uma matriz proteica que envolve cada um dos grânulos de amido, em que esses pequenos grânulos juntos formam grânulos de amido composto (HOSENEY, 1991). Assim, quanto

maior for a deposição de amido nos grãos, maior será o número de grânulos compostos presentes, proporcionando maior superfície proteica, o que acarretará em uma maior resistência dos grãos à quebra.

O maior rendimento de grãos inteiros no beneficiamento com o incremento da adubação nitrogenada também foi observado por BARBOSA FILHO & FONSECA (1994), que atribuíram tal resultado à obtenção de grãos mais translúcidos, os quais são tem maior resistência quebra no processo de polimento. Um indicador indireto da translucidez dos grãos é a quantidade de grãos gessados e barriga branca. O gessamento é um processo que acarreta indesejável opacidade dos grãos, devido ao arranjo entre os grânulos de amido e proteína e se desenvolve sob condições adversas de clima e de cultivo, como, na colheita dos grãos imaturos, picadas de percevejos associadas à inoculação de fungos, doenças (bruzone e mancha parda), altas temperaturas após a floração, deficiências nutricionais e hídricas (MARCHEZAN et al., 1992; SOFIATTI et al., 2006). Entretanto, conforme resultados expostos na figura 2A, não houve relação entre doses de N aplicadas no cultivo e a ocorrência de grãos gessados + barriga branca nos grãos de arroz irrigado. Devido a estar ligado à maturação dos grãos, segundo CASTRO et al. (1999), quando a colheita de grãos é realizada com teores de umidade acima de 26%, ela contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos, o que constitui uma das principais causas do aparecimento de grãos gessados.

Não houve efeito significativo pelas doses de N aplicadas no cultivo do arroz nos teores de farelo + casca das amostras, que apresentaram valores médios de 35,1% (Figura 2B).

A qualidade culinária dos grãos está diretamente relacionada às suas características intrínsecas, como o arranjo de amido, teor de amilose e proteína, temperatura de gelatinização e processo de envelhecimento do arroz (MARSHAL & WADSWORTH, 1994; CASTRO et al., 1999; ZHOU et al., 2002). Embora a variedade IRGA 422CL seja descrita como de alto teor de amilose (IRGA, 2008), os resultados obtidos nas análises químicas (Figura 3) demonstraram que essa medida foi influenciada significativa e negativamente ($R^2=0,66$), enquanto que os teores de proteína foram positivamente influenciados pelo aumento dos níveis de adubação nitrogenada na cultura do arroz ($R^2=0,81$). Em um primeiro momento, esse efeito pode ser encarado como desfavorável à qualidade culinária, porém, diversos trabalhos descrevem que grãos de arroz

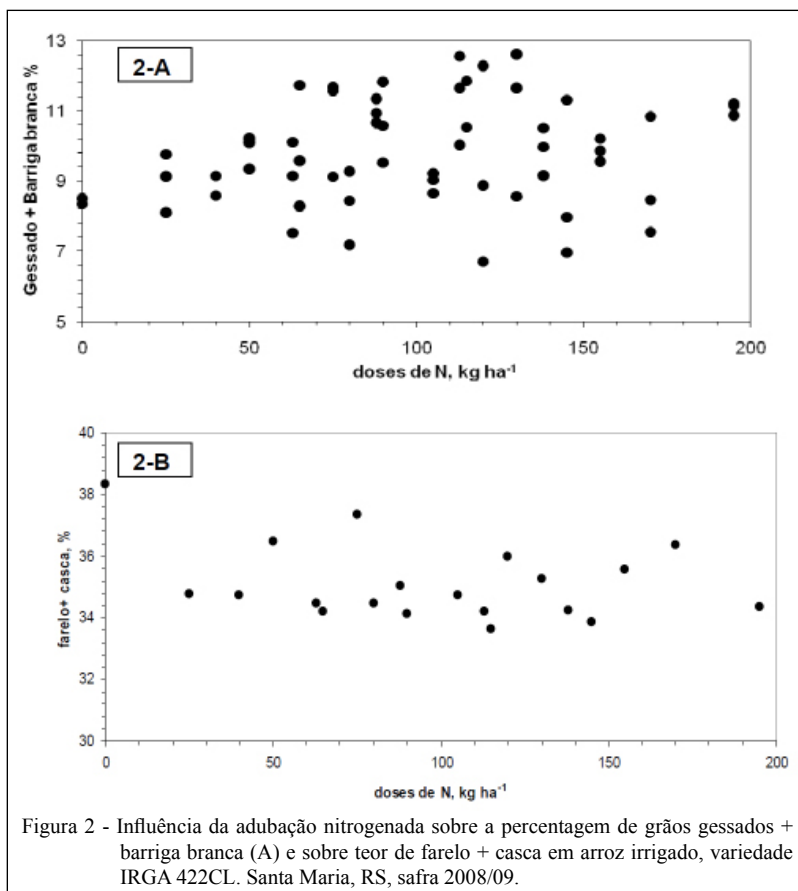


Figura 2 - Influência da adubação nitrogenada sobre a percentagem de grãos gessados + barriga branca (A) e sobre teor de farelo + casca em arroz irrigado, variedade IRGA 422CL. Santa Maria, RS, safra 2008/09.

com maior teor de proteína e menor teor de amilose não são prejudicados quanto às características de cocção, quando comparados àqueles com elevado teor de amilose, demonstrando o efeito secundário

da proteína sobre propriedades de cocção e textura, tanto de maneira isolada como complexada ao amido (MARSHALL & WADSWORTH, 1994; MARTIN & FITZGERALD, 2002; ALFONSO et al., 2005).

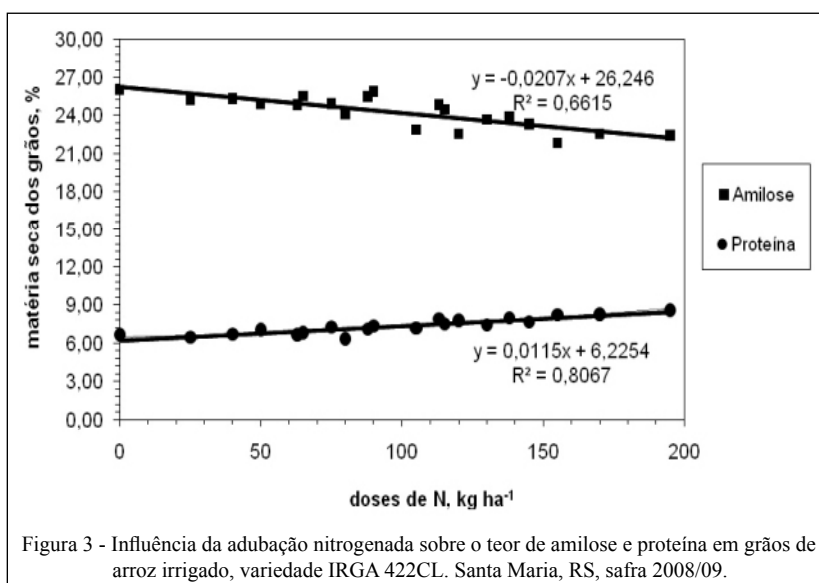


Figura 3 - Influência da adubação nitrogenada sobre o teor de amilose e proteína em grãos de arroz irrigado, variedade IRGA 422CL. Santa Maria, RS, safra 2008/09.

CONCLUSÃO

As doses em cobertura de adubação nitrogenada influenciaram quadrática e positivamente o rendimento de grãos inteiros e negativamente a porcentagem de grãos quebrados. O maior aporte de adubação nitrogenada causou aumento linear no teor de proteína e diminuição linear no teor de amilose dos grãos polidos da variedade de arroz irrigado IRGA 422CL.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO, V. et al. Aporte de genótipos de arroz que combinan niveles diferencial de proteína y amilosa a la calidad industrial y culinaria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, SEMENTES E AGROINDÚSTRIA, 4., 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p.314-316.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg, 2000. 1170p.
- BANCAL, M. et al. Late foliar diseases in wheat crops decrease nitrogen yield through N uptake rather than through variations in N remobilization. **Annals of Botany**, v.102, p.579-590, 2008. Disponível em: <<http://aob.oxfordjournals.org/content/102/4/579>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1093/aob/mcn124.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância d adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. Cap.13, p.217-231.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n.6, de 16 de fevereiro de 2009. Aprova o Regulamento Técnico do Arroz. Brasília – DF. **Diário Oficial da União**, 17 de fev. 2009. Caderno, 20p.
- CASTRO, E.M. et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.30. (Circular Técnica 34).
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento**, junho 2012. Brasília, DF, 2012. 34p.
- EMBRAPA (CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- FREITAS, J.G. et al. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.573-579, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n3/a21v58n3.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000300021>.
- GAN, S.; AMASINO R.M. Making sense of senescence. **Plant Physiology**, v.113, p.313-319, 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.113.2.313>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1104/pp.113.2.313.
- HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereals**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.
- KELLING, K.A.; FIXEN, P.E. Soil nutrient requirements for oat production. In: MARCHAL, H.G.; SORRELIS, M.E. (Eds.). **Oat science and technology**. Madison: ASA/CSSA, 1992. p.165-190.
- LIN, X.Q. et al. Effect of plant density and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake of super hybrid rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, v.1, n.2, p.44-53, 2009. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6308\(08\)60070-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1672-6308(08)60070-0)>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1016/S1672-6308(08)60070-0.
- MANNAN, M.A. et al. Influence of nitrogen on grain qualities of fine rice genotypes in aman and boro seasons. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v.34, n.2, p.329-333, 2009. Disponível em: <<http://www.banglajol.info/index.php/BJAR/article/view/5806/4550>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.3329/bjar.v34i2.5806.
- MARCHEZAN, E. et al. Ocorrência de grãos gessados em três cultivares de arroz. **Scientia Agrícola**, v.49, p.87-91, 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161992000400012>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1590/S0103-90161992000400012.
- MARSHALL, W.E.; WADSWORTH, H.I. **Rice science and technology**. New Orleans: Marcel Dekker, 1994. 470p.
- MARTIN, M.; FITZGERALD, M.A. Protein in rice grains influence cooking properties! **Journal of Cereal Science**, v.36, p.285-294, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2001.0465>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1006/jcrs.2001.0465.
- MARTINEZ, C.; CUEVAS-PEREZ, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. 3.ed. Cali: CIAT, 1989. 75p.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. **Divisão de terras e colonização**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source:sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, v.60, p.245-253, 1999. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00142-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00142-7)>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1016/S0378-4290(98)00142-7.
- SOFIATTI, V. et al. Efeito de regulador de crescimento, controle de doenças e densidade de semeadura na qualidade industrial de grãos de arroz. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.418-423, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000200010>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1590/S0103-84782006000200010.
- SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, 2007. 159p.
- SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Pallotti, 2010. 188p.
- VAN OOSTEROM, E. et al. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum. II. Grain filling period. **Field Crops Research**, v.115, p.29-38, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.019>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1016/j.fcr.2009.09.019.
- VIEIRA, N.R.A.; CARVALHO, J. L.V. Qualidade tecnológica. In: VEIRA, N.R.A. et al. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.582-598.
- ZHOU, Z. et al. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. **Journal of Cereal Science**, v.35, p.65-78, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1006/jcrs.2001.0418>>. Acesso em: 28 dez. 2012. doi: 10.1006/jcrs.2001.0418.