

CIRCULAR TÉCNICA

197

Pelotas, RS  
Dezembro, 2018

# Adubação Nitrogenada e Potássica para Cultivares de Arroz Irrigado

Walkyria Bueno Scivittaro  
José Maria Barbat Parfitt  
Thaís Murias Jardim  
Rute Caroline Becker Treptow  
Cristina Moreira da Silveira  
Herasmo Ceron Bettim



# Adubação Nitrogenada e Potássica para Cultivares de Arroz Irrigado<sup>1</sup>

## Introdução

O arroz é alimento básico da população humana, sendo fonte de energia para mais da metade da população mundial. O cereal é cultivado em cerca de 160 milhões de hectares, correspondendo a aproximadamente 11% das terras cultivadas no mundo (Grisp, 2013). No Brasil, maior produtor de arroz fora do continente asiático, grande parte da produção do cereal provém das lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul (RS). Detentoras da maior produtividade média nacional, correspondente a 7.925 kg ha<sup>-1</sup> (Embrapa Arroz e Feijão, 2018), as lavouras de arroz irrigado do RS respondem, atualmente, por 55% da área cultivada, contribuindo com mais de 70% da produção nacional do cereal (Conab, 2018).

O elevado desempenho das lavouras de arroz do RS decorre da qualidade, adaptação e elevado potencial produtivo das cultivares utilizadas, mas de forma associada à adequação das práticas de manejo da cultura, particularmente a adubação, com destaque para a nitrogenada e potássica.

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial aos vegetais. Destaca-se pela quantidade elevada em que é requerido e pelas severas limitações provocadas ao crescimento das plantas, quando deficiente, uma vez que é constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros

---

<sup>1</sup> Walkyria Bueno Scivittaro, Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. José Maria Barbat Parfitt, Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Thaís Murias Jardim, Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Bolsista Pibic do CNPq, Pelotas, RS. Rute Caroline Becker Treptow, Graduanda em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, Bolsista Pibic do CNPq, Pelotas, RS. Cristina Moreira da Silveira, Química, mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Herasmo Ceron Bettim, Graduando em Química, Instituto Federal Farroupilha, estagiário da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

componentes celulares, incluindo membranas e diversos hormônios vegetais (Souza; Fernandes, 2006).

Especificamente para a cultura do arroz, o nitrogênio é o nutriente de maior importância para a produtividade, propiciando as maiores respostas à adubação. Porém, a eficiência agrônômica do nutriente, ou seja, sua capacidade de promover aumento de produtividade por unidade de nutriente adicionado ao solo é bastante variável, em razão da complexa interação de fatores que determinam seu aproveitamento pela cultura. Os principais fatores envolvidos são: características da cultivar, condições climáticas; suprimento de N e de outros nutrientes do solo; sequência de culturas; época e densidade de semeadura; manejo da irrigação; controle de plantas daninhas; estado fitossanitário da cultura e o manejo do fertilizante nitrogenado (Scivittaro; Machado, 2004).

O aporte de N via adubação é responsável pelo aumento no rendimento de grãos e de componentes do rendimento do arroz, como o número de perfilhos e de panículas por unidade de área (Singh; Pillai, 1996), o número de espiguetas por panícula e o peso de grãos (Marzari, 2005). Embora o arroz absorva nitrogênio durante todo o seu ciclo, as exigências são maiores nas fases de perfilhamento e reprodutiva. Todavia, é nessa última, que começa com a iniciação da panícula, que a planta apresenta maior eficiência na absorção de N para a produção de grãos, uma vez que o sistema radicular se encontra mais desenvolvido e, conseqüentemente, com maior potencial de absorção de nutrientes (Machado, 1993). Portanto, a época e a forma de aplicação de nitrogênio em cobertura ao arroz está fortemente associada à eficiência de uso do nutriente do fertilizante pela cultura e sua resposta à adubação (Scivittaro; Machado, 2004).

Outro nutriente importante para a cultura do arroz é o potássio (K). Trata-se de um nutriente essencial, atuando em vários processos fisiológicos e bioquímicos na planta, destacando-se a regulação osmótica, ativação enzimática, regulação do pH e do balanço iônico celular, regulação da transpiração estomática e transporte de produtos da fotossíntese (Dobermann; Fairhurst, 2000).

A demanda de potássio pelo arroz irrigado é tão ou mais elevada que a de N, podendo alcançar 15,9 kg de K por tonelada de grãos produzidos (Buresh et al., 2010). No entanto, o conteúdo desse nutriente nos grãos é relativamente baixo, indicando que apenas uma pequena fração do nutriente absorvido é exportada para os grãos (Scivittaro; Machado, 2004), sendo o restante mantido no sistema (Anghinoni et al., 2013).

Resultados de pesquisa mostram que a adubação potássica traz diversos benefícios à cultura do arroz, incluindo a promoção do desenvolvimento do sistema radicular, aumento no vigor das plantas, redução do acamamento, aumento da resistência a pragas e doenças, aumento do perfilhamento e da produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, aumento do número de grãos cheios e do peso de grãos, entre outros (Hartari et al., 2018). No entanto, a resposta do arroz irrigado à aplicação de potássio não é tão marcante quanto a obtida para o nitrogênio, principalmente no cultivo inundado, no qual a disponibilidade do nutriente é maior, devido ao aumento da difusão, ao deslocamento do nutriente dos sítios de troca para a solução do solo, pelos cátions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  (Machado, 1985), e à liberação de potássio das frações não-trocável e estrutural (Castilhos; Meurer, 1999a, 1999b; Castilhos et al., 1999).

Considerando-se, porém, o quadro atual da lavoura orizícola do RS, que utiliza cultivares com elevados potencial produtivo e capacidade de extração de potássio, a utilização de fórmulas de adubos muitas vezes relativamente pobres no nutriente, a ocorrência de situações de uso intensivo dos solos e de retirada da palhada para a alimentação animal, bem como o aumento das áreas sistematizadas, com remoção de parte da camada superficial do solo, é de se esperar que as reservas de K no solo estejam diminuindo gradativamente. Diante desses aspectos, a pesquisa e a extensão rural têm alertado os produtores para a importância da reposição do potássio extraído pela cultura, por meio de adubações mais equilibradas e da manutenção dos resíduos da colheita (palha), capazes de restituir, ao solo, entre 80% e 90% do total de K extraído (Scivittaro; Machado, 2004). Em acréscimo, considerando-se que grande parte do potássio consumido no Brasil é importado, sob o ponto de vista econômico, a racionalização do uso do nutriente é estratégica para o País (Fageria; Oliveira, 2014).

No cultivo de arroz, diversos fatores contribuem para a elevação da produtividade de grãos e otimização do retorno econômico da cultura, destacando-se a identificação de cultivares com elevada eficiência de uso de nutrientes e a otimização do manejo da adubação para a cultura.

No Rio Grande do Sul, o melhoramento genético desempenha papel fundamental no desempenho produtivo da lavoura de arroz. O aumento na produção de arroz está fundamentado na disponibilidade de cultivares com alto potencial produtivo. Uma forma de fortalecer os programas regionais de melhoramento do arroz, bem como as ações de pesquisa em manejo da cultura, consiste em estabelecer curvas de resposta a nutrientes para novas cultivares e genótipos elite, de forma a possibilitar-lhes expressar integralmente seu potencial produtivo.

Nesse sentido, realizou-se o presente trabalho, que teve por objetivo avaliar a resposta às adubações nitrogenada e potássica das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira, recentes e promissores lançamentos do Programa de Melhoramento Genético de Arroz da Embrapa, nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul.

## Material e Métodos

O estudo compreendeu a realização de dois experimentos sob condições de campo, na safra agrícola 2017/2018, para avaliar a resposta das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira às adubações nitrogenada e potássica. A área experimental está localizada na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS (31° 52' 00" S, 52° 21' 24" W, altitude: 13,2 m). O clima local é classificado como subtropical (Cfa - Köppen) (Wrege et al., 2012), apresentando precipitação e temperatura média anual de 1.367 mm e 17,8 °C, respectivamente (Estação..., 2017).

A 'BRS Pampa CL' é uma cultivar precoce. Apresenta planta do tipo "moderno", estatura média, folhas pilosas e ampla adaptação ao cultivo no Rio Grande do Sul. Destaca-se pelo elevado potencial produtivo, precocidade e resistência às doenças predominantes no RS. Seus grãos são longo-finos, de casca pilosa-clara, com baixa incidência de centro branco e alto rendimento

industrial de grãos inteiros. Apresenta excelentes atributos de cocção, comparáveis às cultivares destacadas pela indústria gaúcha, com textura solta e macia após a cocção (Reunião..., 2016).

A cultivar BRS Pampeira possui ciclo biológico de 133 dias da emergência à maturação, sendo classificada como de ciclo médio no Rio Grande do Sul. As plantas são do tipo moderno, apresentando alta capacidade de perfilhamento e folhas pilosas. Os grãos são longo-finos, do tipo “agulhinha”, com rendimento de inteiros superior a 62%, baixa incidência de centro-branco e textura solta e macia após a cocção. Destaca-se pela elevada produtividade de grãos, tolerância ao acamamento e resistência a doenças (Reunião..., 2016).

Anteriormente à implantação do experimento, procedeu-se à amostragem do solo da área experimental, um Planossolo Háptico Eutrófico típico (Cunha; Costa, 2013), para avaliação da fertilidade do solo. Os resultados da análise química do solo (camada de 0-20 cm de profundidade) da área experimental são apresentados na Tabela 1. A interpretação dos resultados revela teor baixo de matéria orgânica (M.O.), muito alto de fósforo disponível (P) e médio (limite superior) de potássio extraível (K) (Reunião..., 2016).

**Tabela 1.** Resultados da análise química de solo<sup>1</sup> da área experimental. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2017.

pH <sub>água</sub>	Índice SMP	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca+Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC <sub>pH7,0</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Argila g dm <sup>-3</sup>
5,6	6,3	1,4	22,2	60	3,8	0,0	7,2	16

<sup>1</sup>Tedesco et al. (1995).

Para fins de instalação e análise estatística, cada cultivar foi considerada um experimento isolado. Os experimentos das cultivares BRS Pampa CL e BRS Pampeira foram instalados lado a lado na área experimental. Para cada cultivar, os tratamentos compreenderam combinações de quatro doses de nitrogênio [0; 0,5; 1,0 e 1,5 vez a dose recomendada de N (DRN)] e quatro doses de potássio [0; 0,5; 1,0 e 1,5 vez a dose recomendada de K (DRK) para a cultura do arroz irrigado]. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas principais, alocou-se o fator dose de N e nas subparcelas, o fator dose de potássio. As unidades experimentais apresentaram as seguintes di-

mensões: 3,6 m x 5,0 m, sendo individualizadas por taipas, para evitar a contaminação entre os tratamentos de adubação.

As doses recomendadas de N e de K para o arroz foram definidas com base nos resultados da análise química de solo e considerando uma expectativa alta de resposta da cultura à adubação (Sociedade..., 2016; Reunião..., 2016), consistindo, respectivamente, em 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Dessa forma, as doses avaliadas de nitrogênio foram: 0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N; e as de potássio, 0; 30; 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O mesmo critério foi utilizado para a determinação da dose recomendada de fósforo (P), correspondendo a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No entanto, para evitar que eventual restrição na disponibilidade de fósforo no solo pudesse mascarar a resposta das cultivares de arroz irrigado às adubações nitrogenada e potássica, optou-se por utilizar, como dose padrão de P em ambos os experimentos, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou seja, 1,5 vez a dose recomendada de P (DRP) para a cultura de arroz irrigado nas condições experimentais.

Utilizaram-se como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, os fertilizantes simples: ureia granulada (45% de N), superfosfato triplo (42% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). As fontes de fósforo e de potássio, de acordo com os tratamentos, foram aplicadas integralmente em pré-semeadura, sendo aplicadas a lanço em área total (parcelas experimentais) e incorporadas ao solo com grade, imediatamente antes da semeadura do arroz. Por sua vez, o fertilizante nitrogenado foi aplicado de forma parcelada em pré-semeadura e em cobertura. Nos tratamentos que previam adubação nitrogenada, fixou-se em 20 kg ha<sup>-1</sup> de N a dose do nutriente aplicada em pré-semeadura, adotando-se procedimento de aplicação e incorporação ao solo semelhante ao descrito para as fontes de P e K. As quantidades restantes de N previstas nos tratamentos com adubação nitrogenada foram aplicadas em cobertura, parceladas em duas aplicações, nos estádios de quatro folhas (V4) e iniciação da panícula (R0). Em V4 aplicou-se 70% da dose de N em cobertura e em R0, os 30% restantes. A primeira cobertura nitrogenada para o arroz foi realizada a lanço em solo seco, imediatamente antes do início da irrigação por inundação do solo das parcelas experimentais, e a segunda cobertura, sobre uma lâmina de água não circulante.

A semeadura do arroz foi realizada no dia 15 de novembro de 2017, em sistema convencional de cultivo, utilizando espaçamento entre linhas de 20 cm e

densidade de semeadura de  $111 \text{ kg ha}^{-1}$ . As sementes de ambas as cultivares foram tratadas com a tecnologia Permit®. A emergência do arroz (50%) das cultivares BRS Pampa CL e BRS Pampeira ocorreu em 27 de novembro de 2017. Essa data foi utilizada para estimar a ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento da planta de arroz, pelo método de graus-dia (Steinmetz et al., 2015). No acompanhamento dos estádios de desenvolvimento da planta de arroz, utilizou-se, como referência, a escala de Counce et al. (2000). O controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência seguiu indicações técnicas da pesquisa para a cultura do arroz irrigado, assim como as demais práticas culturais realizadas ao longo do ciclo de cultivo do arroz (Reunião..., 2016).

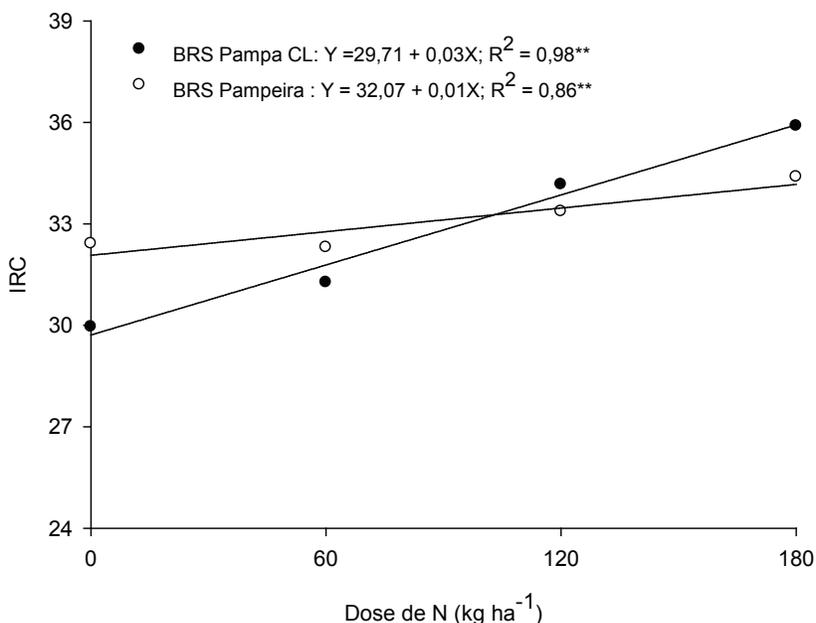
A avaliação dos tratamentos incluiu determinações do nível foliar de N, desempenho agrônômico e produtivo das plantas de arroz (estatura de plantas, número de panículas, produtividade de grãos, esterilidade de espiguetas, número de grãos por panícula, peso de mil grãos e índice de colheita). O nível de N na planta de arroz foi avaliado pelo índice relativo de clorofila (IRC) na folha bandeira do arroz, amostrada por ocasião do florescimento pleno (> 50% das plantas de arroz em R4 – antese). O índice relativo de clorofila foi medido com clorofilômetro SPAD 502 - Minolta na folha bandeira de 20 plantas de cada unidade experimental. Na maturação de colheita, avaliou-se, em cada parcela experimental, a estatura de 20 plantas e realizou-se a coleta da parte aérea das plantas de arroz estabelecidas em duas linhas de 0,5 m de comprimento, para determinação da produção de matéria seca da parte aérea (colmos, folhas e grãos) e do índice de colheita. O material vegetal colhido foi seco em estufa até massa constante e então pesado. Os componentes de produtividade do arroz foram avaliados utilizando-se amostra constituída por 20 panículas coletadas ao acaso, de cada parcela experimental, na maturação de colheita.

Também na maturação de colheita (estádio R9), procedeu-se à colheita do arroz, para avaliação da produtividade de grãos (oito linhas de plantas com 4 m de comprimento), sendo os dados convertidos para  $130 \text{ g kg}^{-1}$  de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, compararam-se as médias dos tratamentos de doses de adubação nitrogenada e potássica, por análise de regressão polinomial, em nível de 5%.

## Resultados e Discussão

Com relação ao nível de nitrogênio nas plantas de arroz, mensurado pelo índice relativo de clorofila (IRC) na folha, para ambas as cultivares, o efeito dos tratamentos restringiu-se ao fator dose de N, não tendo sido determinada significância do fator dose de K, bem como da interação entre esses dois fatores. Para ambas as cultivares, os dados de IRC, em função da variação da dose de N, ajustaram-se a modelos lineares crescentes, sendo: BRS Pampa CL:  $Y = 29,71 + 0,03X$ ;  $R^2 = 0,98^{**}$  e BRS Pampeira:  $Y = 32,07 + 0,01X$ ;  $R^2 = 0,86^{**}$  (Figura 1). Esse resultado mostra que ambas as cultivares de arroz irrigado respondem ampla e positivamente à adubação nitrogenada nas condições de cultivo (solo arenoso e com teor baixo de matéria orgânica), apresentando absorção crescente de N mesmo quando da aplicação do nutriente em dose superior à recomendada para a cultura, correspondente a 1,5 vez a dose indicada pela pesquisa (Reunião..., 2016).

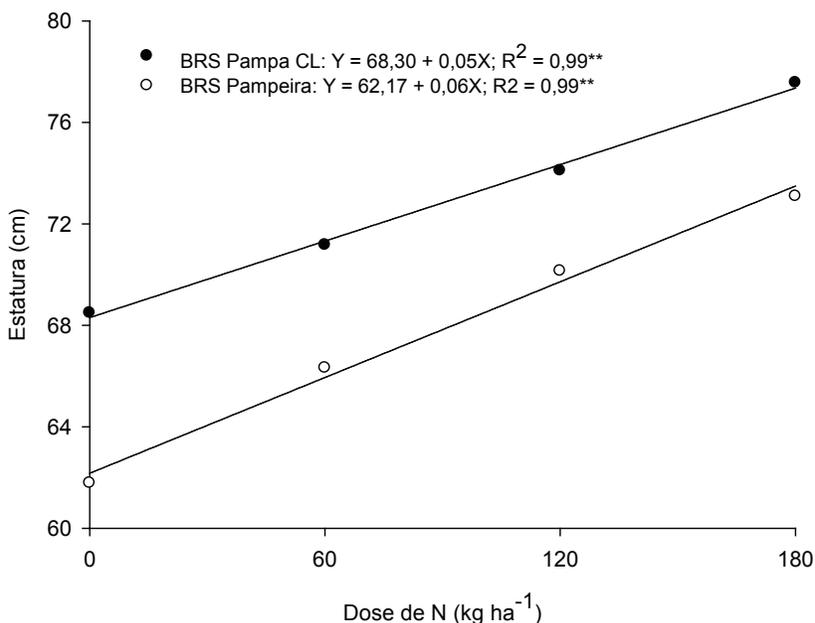


**Figura 1.** Índice relativo de clorofila (IRC) na folha bandeira das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira, em função da dose nitrogenada. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

Destaca-se, ainda, que a variável índice relativo de clorofila na folha mostrou-se sensível à variação na dose de N fornecida ao arroz. O índice relativo de clorofila (índice SPAD) correlaciona-se fortemente com a concentração de nitrogênio na folha, (Schadchina; Dmitrieva, 1995). Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de 50% a 70% do N total das folhas ser integrante de enzimas associadas aos cloroplastos (Chapman; Barreto, 1997). Esse índice tem a vantagem de não ser influenciado pelo consumo de luxo de N pelas plantas. A baixa sensibilidade do medidor de clorofila ao consumo de luxo de N pelas plantas deve-se à forma como o nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, é acumulado como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), forma que não se associa à molécula de clorofila, não sendo, portanto, quantificado pelo medidor de clorofila (Blackmer; Schepers, 1995).

Os resultados obtidos no presente estudo indicam a possibilidade de uso da variável IRC para se estimar o nível de N na planta de arroz, permitindo avaliar de forma rápida e não destrutiva a adequação do manejo da adubação para a cultura e, conseqüentemente, eventuais intervenções durante o período de crescimento da cultura.

Também a variável estatura de planta foi influenciada significativamente, apenas, pela variação na dose de N aplicada às cultivares de arroz irrigado, não se verificando efeito do fator dose de K e da interação entre as adubações nitrogenada e potássica. Com relação à resposta ao nitrogênio, verificou-se comportamento crescente de ambas as cultivares de arroz irrigado à aplicação de doses variando de 0 a  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (1,5 vez a DRN para o arroz irrigado) (Figura 2). Atribui-se esse comportamento ao fato de o nitrogênio ser constituinte de várias e importantes constituintes celulares, contribuindo decisivamente para o crescimento das plantas (Souza; Fernandes, 2006). A estatura de planta é considerada uma variável indicadora do crescimento das plantas, sendo normalmente sensível à adubação nitrogenada (Manikandan; Subramanian, 2016).



**Figura 2.** Estatura de planta das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira, em função da dose nitrogenógeno. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

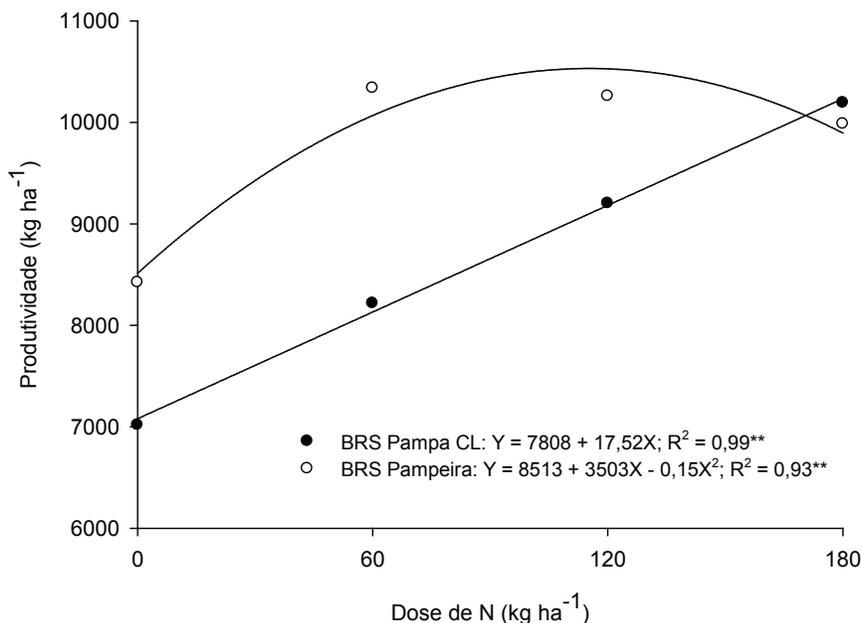
Atribui-se a ausência de efeito da adubação potássica sobre a estatura de planta das cultivares de arroz irrigado ao fato de o K, apesar de ser o cátion mais abundante nas plantas e desempenhar importante função em seu estado energético, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais, não ser constituinte estrutural ou de moléculas orgânicas, não participando, portanto, diretamente da estrutura da planta (Meurer, 2006). No entanto, as múltiplas funções desempenhadas pelo K nos processos metabólicos resultam em efeitos positivos nas plantas bem supridas no nutriente (Imas, 1999), como o incremento no crescimento de raízes e o aumento na resistência a estresses bióticos e abióticos e ao acamamento.

A resposta em produtividade de grãos das cultivares BRS Pampa CL e BRS Pampeira às adubações nitrogenada e potássica foi distinta. Ambas responderam à variação na dose de N, mas a 'BRS Pampa CL' foi influenciada,

também, pela dose de K. Para nenhuma das cultivares, foi determinada significância da interação entre as doses de N e K.

Quanto ao efeito da dose de N, o desempenho da cultivar BRS Pampeira foi descrito por modelo quadrático, com valor máximo correspondente à dose de 115 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3), ou seja, muito próxima à recomendação da pesquisa para a cultura nas condições de cultivo (Reunião..., 2016). Quanto a esse comportamento, é importante destacar que a 'BRS Pampeira' não atingiu seu potencial de produtividade, de cerca de 12 mil kg ha<sup>-1</sup>, em razão principalmente da época de semeadura tardia para cultivar de ciclo médio, o que pode ter reduzido sua resposta à adubação nitrogenada.

Os dados relativos à cultivar BRS Pampa CL ajustaram-se a modelo linear crescente, não se tendo atingido valor máximo dentro do intervalo de doses avaliado (Figura 3). Vale ressaltar que, no presente experimento, a dose máxima de N fornecida ao arroz foi alta, correspondendo a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, ou seja, 1,5 vez a dose recomendada de N para a cultura nas condições de cultivo (Reunião..., 2016). Esse resultado demonstra a importância do suprimento de nitrogênio para o desempenho produtivo do arroz (Snyder; Slaton, 2001) e que as cultivares em avaliação, particularmente a BRS Pampa CL, são exigentes e responsivas ao nutriente, quando cultivadas em solo com baixa fertilidade natural. De acordo com Scivittaro e Machado (2004), o cultivo de arroz em solos com baixa disponibilidade de N (arenosos e com teores baixos de matéria orgânica), como o do presente estudo, pode requerer a aplicação de quantidade adicional de N, a qual se traduz em incremento de produtividade, especialmente sob condições climáticas e de cultivo favoráveis. O comportamento diferencial de cultivares de arroz irrigado à adubação nitrogenada está associado à base genética das cultivares, mas também ao manejo do nutriente e de forma integrada ao ambiente (Machado et al., 2000).

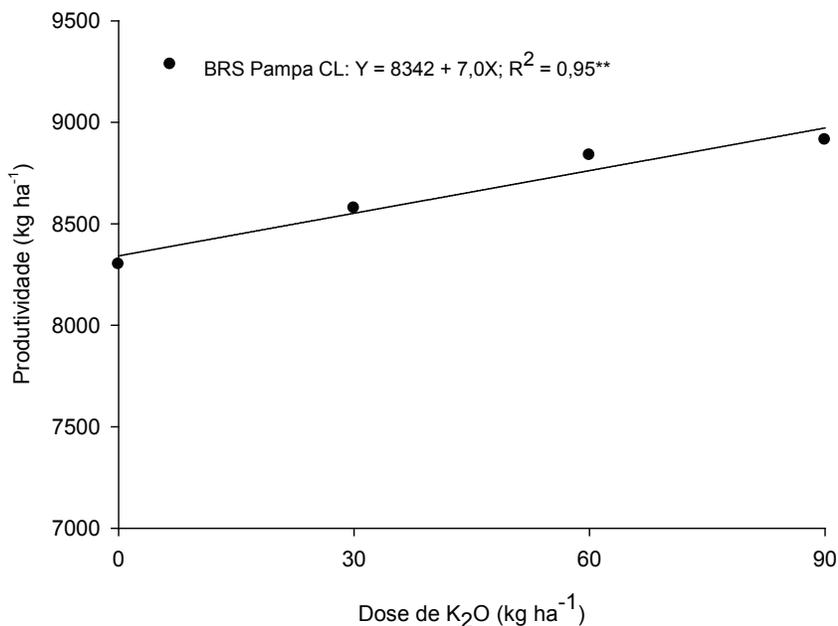


**Figura 3.** Produtividade de grãos das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira, em função da dose nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

A cultivar BRS Pampa CL mostrou-se também bastante responsiva à adubação potássica, apresentando incrementos em produtividade proporcionais à dose de K aplicada, a despeito do cultivo em solo com teor de K disponível estar próximo ao nível crítico para a cultura (Tabela 1). Os dados de produtividade em função da adubação potássica foram descritos pelo modelo linear  $Y = 8342 + 7,0X$ ;  $R^2 = 0,95^{**}$  (Figura 4).

Por sua vez, a ‘BRS Pampeira’, apesar do elevado potencial de produtividade, não apresentou resposta à variação nas doses de K, o que indica elevada eficiência de utilização do nutriente da cultivar. Ademais, ressalta-se que o solo da área experimental apresentava teor de K extraível relativamente elevado, próximo ao limite superior da classe Médio. Nessa condição, a probabilidade de resposta da cultura à adubação potássica é baixa. Esse resultado corrobora observações de Scivittaro e Machado (2004), de que, de maneira

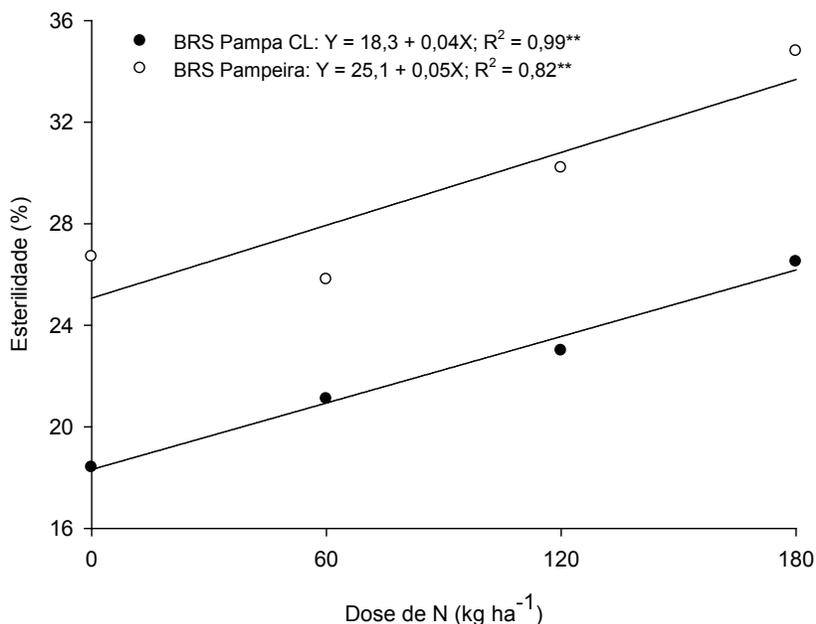
geral, a resposta do arroz irrigado à adubação potássica é baixa, mesmo em solos com teores médios de K disponível. Quando observadas, essas respostas estão associadas à aplicação de doses relativamente baixas do nutriente. Isso porque, no cultivo inundado, a disponibilidade de K é maior, comparativamente à condição de sequeiro, devido ao aumento do mecanismo de difusão, ao deslocamento do nutriente dos sítios de troca para a solução do solo, pelos cátions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  (Machado, 1985), e à liberação de K das frações não-trocável e estrutural (Castilhos; Meurer, 1999a, 1999b; Castilhos et al., 1999).



**Figura 4.** Produtividade de grãos da cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL, em função da dose potássio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

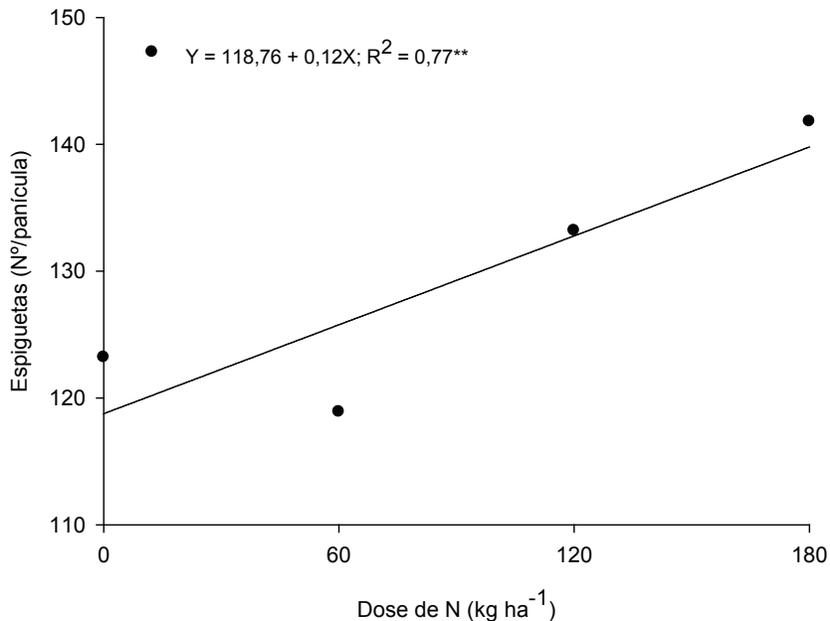
Com relação aos componentes de rendimento do arroz, as cultivares apresentaram comportamento semelhante para as variáveis esterilidade de espiguetas e massa de mil grãos, distinguindo-se entre si para a variável número de espiguetas por panícula.

A esterilidade de espiguetas de ambas as cultivares, BRS Pampa CL e BRS Pampeira, foi influenciada, apenas, pela dose de N, independentemente do suprimento de potássio. Nesse sentido, o índice de esterilidade aumentou proporcionalmente à dose de N aplicada. Os dados foram descritos pelos modelos lineares: BRS Pampa CL:  $Y = 18,3 + 0,04X$ ;  $R^2 = 0,99^{**}$  e BRS Pampeira:  $Y = 25,1 + 0,05X$ ;  $R^2 = 0,82^{**}$  (Figura 5). Ambas as cultivares apresentaram índice de esterilidade elevado, particularmente a 'BRS Pampeira', o qual está relacionado à ocorrência de baixas temperaturas na fase de pré-floração da cultura (embrachamento). Isso se deve à semeadura tardia do arroz (meados de novembro), em razão do excesso de chuva no início da primavera, dificultando e atrasando as operações de preparo do solo e semeadura do arroz.



**Figura 5.** Esterilidade de espiguetas das cultivares de arroz irrigado BRS Pampa CL e BRS Pampeira, em função da dose nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

Para a cultivar BRS Pampa CL, o número de espiguetas por panícula variou, exclusivamente, com a dose de N. Os dados obtidos ajustaram-se ao modelo linear crescente:  $Y = 118,75 + 0,12X$ ;  $R^2 = 0,78^{**}$  (Figura 6), que indica benefício do incremento na dose de N sobre esse componente de rendimento da cultura do arroz.

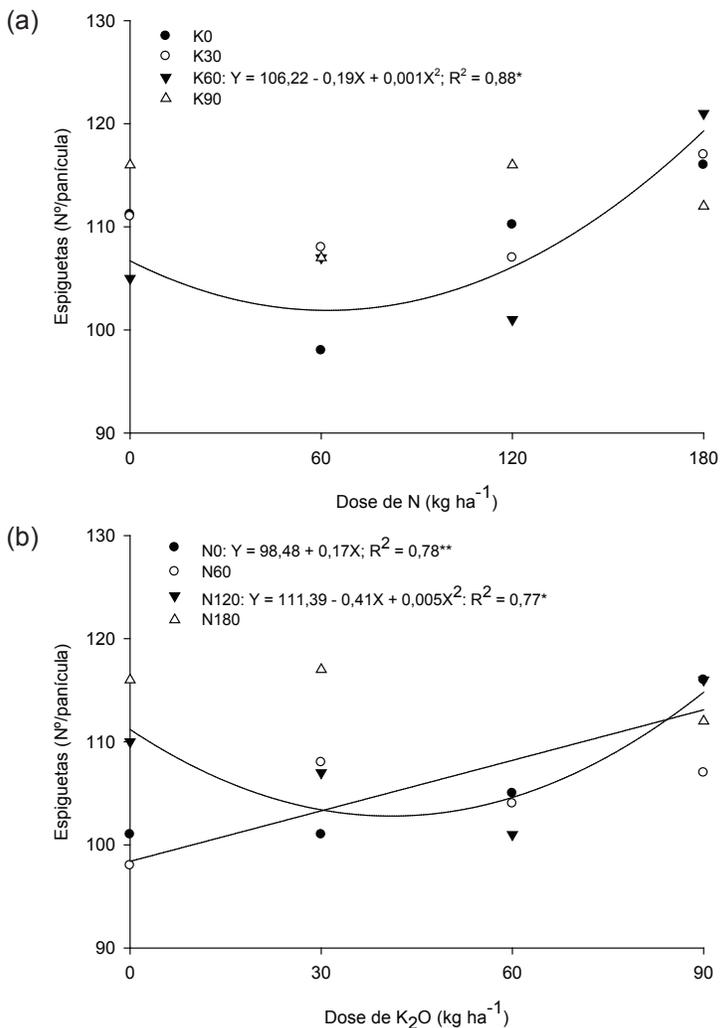


**Figura 6.** Número de espiguetas por panícula da cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL, em função da dose nitrogeno. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

Por sua vez, para a cultivar BRS Pampeira, determinou-se efeito da interação entre doses de N e K sobre a variável número de espiguetas por panícula. A resposta da 'BRS Pampeira' à adubação nitrogenada somente foi verificada quando se utilizou a dose recomendada de K (60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Nessa condição, os dados ajustaram-se a modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à dose de 64 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 7a). Por sua vez, resposta dessa cultivar de arroz irrigado à adubação potássica somente ocorreu na ausência de adubação nitrogenada, ou quando essa correspondeu à recomendação do nutriente para a cultura (120 kg ha<sup>-1</sup> de N). Na primeira condição (omissão

da adubação nitrogenada), os dados foram descritos por modelo linear crescente, e na segunda, por modelo quadrático, com valor mínimo correspondente à dose de 41 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 7b).

Ambas as cultivares de arroz irrigado não sofreram efeito das adubações nitrogenada e potássica e da interação desses fatores sobre a massa de mil grãos.



**Figura 7.** Número de espiguetas por panícula da cultivar de arroz irrigado BRS Pampeira, em função da interação entre doses de nitrogênio e de potássio (a, b). Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2017/2018.

## Conclusões

O nitrogênio constitui-se no principal limitante à nutrição e desempenho produtivo de cultivares de arroz irrigado produzidas em solos de terras baixas com baixo nível de fertilidade.

Ambas as cultivares de arroz irrigado, BRS Pampa CL – de ciclo precoce e BRS Pampeira – de ciclo médio, são responsivas à adubação nitrogenada. A ‘BRS Pampa’ apresenta incrementos de produtividade sob doses de nitrogênio superiores à recomendação de adubação vigente para a cultura. Para a ‘BRS Pampeira’, a resposta ao N está dentro da faixa de doses indicada para a cultura.

A cultivar de arroz irrigado BRS Pampa CL tem seu desempenho produtivo otimizado pela aplicação de potássio, mesmo em solo com teor do nutriente disponível próximo ao nível de suficiência.

A ‘BRS Pampeira’ não responde em produtividade à adubação potássica em solo com teor de potássio disponível próximo ao nível crítico, mesmo sob suprimento elevado de nitrogênio.

## Referências

ANGHINONI, I.; CARMONA, F. C.; GENRO JUNIOR, S. A.; BOENI, M. Adubação potássica em arroz irrigado conforme a capacidade de troca catiônica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1481-1488, 2013.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.

BURESH, R. J.; PAMPOLINO, M. F.; WITT, C. Field-specific potassium and phosphorus balances and fertilizer requirements for irrigated rice-based cropping systems. **Plant and Soil**, v. 335, p. 35-64, 2010.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Formas de potássio em solos do RS, cultivados com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999a. p. 326-329.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Suprimento de potássio para o arroz alagado, em solos do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999b. p. 334-337.

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J.; PINTO, L. F. S. Minerais fontes de potássio em dois planossolos do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 330-333.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2017/18. Décimo primeiro levantamento. Agosto 2018. v. 5, n. 11. 148 p.

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

CUNHA, N. G.; COSTA, F. A. **Solos da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 6 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 152).

DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. A. H. **Rice**: nutrients disorders and nutrient management. Los Baños: IRRRI, 2000. 191 p.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2016)**: área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS (Capão do Leão). **Normais climatológicas - mensal/anual**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; UFPel, 2017. Disponível em: <<http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/mensal.html>>. Acesso em: 26 out. 2017.

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, J. P. Nitrogen, phosphorus and potassium interactions in upland rice. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 10, p. 1586-1600, 2014.

GRISP (Global Rice Science Partnership). **Rice almanac**. 4. ed. Los Baños: International Rice Research Institute, 2013. 283 p.

IMAS, P. Recent trends in nutrition management in horticultural crops. In: IPI-PRII-KKV WORKSHOP, 1999, Dapoli. **Proceedings...** Dapoli, 1999.

HARTARI, S.; SURYONO; PURNOMO, D. Effectiveness and efficiency of potassium fertilizer application to increase the production and quality of rice entisols. **Earth and Environmental Science**, v. 142, 012131, 2018. doi:10.1088/1755-1315/142/1/01231

MACHADO, M. O. **Adubação e calagem, para a cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1993. 63 p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 2).

MACHADO, M. O. Caracterização e adubação do solo. In: EMBRAPA-CPATB. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 129-179.

MACHADO, M. O.; ZONTA, E. P.; FAGUNDES, P. R. R.; TERRES, A. L. S. **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em quatro genótipos de arroz irrigado, em três safras sucessivas**. 2000. Dados não publicados.

MANIKANDAN, A.; SUBRAMANIAN, K. S. Evaluation of zolite based nitrogen nono-fertilizers on maize growth, yield and quality on Inceptisols and Alfisols. **International Journal of Plant & Soil**, v. 9, n. 4, p. 1-9, 2016.

MARZARI, V. **Influência da população de plantas, doses de nitrogênio e controle de doenças na produção e qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p.

SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 6, p. 1427-1437, 1995.

SNYDER, C. S.; SLATON, N. A. Rice production in the United States - an overview. **Better Crops**, v. 85, n. 3, p. 1-7, 2001.

SINGH, S. P.; PILLAI, K. G. Response of scented rice varieties to nitrogen. **Oryza**, v. 33, n. 3, p. 193-195, 1996.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 259-303.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. [s.l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

STEINMETZ, S.; PETRINI, J. A.; ALMEIDA, I. R.; MAGALHAES JUNIOR, A. M.; FAGUNDES, P. R. R.; DEIBLER, A. N.; RADIN, B.; PRESTES, S. D.; SILVA, M. F.; BERMUDEZ, D. A. **Uso do método de graus-dia para estimar a data de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento de subgrupos de cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul: versão resumida**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 111 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 205).

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. (Ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p.

**Embrapa Clima Temperado**  
BR 392, Km 78, Caixa Postal 403  
Pelotas, RS - CEP 96010-971  
Fone: (53) 3275-8100  
[www.embrapa.br/clima-temperado](http://www.embrapa.br/clima-temperado)  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

**1ª edição**  
Obra digitalizada (2018)



Comitê Local de Publicações  
Presidente

*Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente

*Enio Egon Sosinski*

Secretária-Executiva

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros

*Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando*

*Jackson, Marilaine Schaun Pelufé,*

*Sonia Desimon*

Revisão de texto

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica

*Marilaine Schaun Pelufé*

Editoração eletrônica

*Fernando Jackson*

Foto da capa

*Ana Luiza Barragana Viegas*