

CIRCULAR TÉCNICA

198

Pelotas, RS  
Dezembro, 2018

# Uso Combinado de Inoculantes de Bactérias Diazotróficas e Adubação Nitrogenada Mineral no Cultivo de Arroz Irrigado

Thaís Murias Jardim  
Walkyria Bueno Scivittaro  
Aléxia Silveira da Silva  
José Maria Barbat Parfitt

Rute Caroline Becker Treptow  
Herasmo Ceron Bettin  
Cristina Moreira da Silveira



## Uso Combinado de Inoculantes de Bactérias Diazotróficas e Adubação Nitrogenada Mineral no Cultivo de Arroz Irrigado<sup>1</sup>

O arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo, fazendo parte da base alimentar de mais da metade da população mundial. No Brasil, o cultivo ocorre em todas as regiões, mas o Estado do Rio Grande do Sul destaca-se como principal produtor, respondendo, na atualidade, por 55% da área e 70% da produção nacional (Conab, 2018).

O sistema de produção de arroz predominante no Rio Grande do Sul é o cultivo irrigado por inundação do solo, que se adequa à condição de drenagem deficiente das áreas de terras baixas, onde o cereal é produzido. Nesse ambiente e sistema produtivo, a cultura apresenta elevado potencial de produtividade, sendo sustentada pelo aporte de quantidades elevadas de insumos, com destaque para os fertilizantes nitrogenados.

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial para as plantas e, consequentemente, para a produção agrícola. O nutriente é constituinte de diversos compostos e moléculas, como os aminoácidos, proteínas e açúcares, e desempenha funções vitais às plantas. Assim como para as demais culturas, o nitrogênio é essencial ao crescimento e produção do arroz, estando diretamente relacionado à produção de matéria seca da cultura (Fageria; Baligar, 2001). Destaca-se, ainda, como o nutriente aportado em maior quantidade ao arroz irrigado.

Assim, a aplicação de fertilizantes nitrogenados é imprescindível para o aumento de produtividade do arroz. No entanto, as fontes minerais de N normalmente utilizadas no cultivo de arroz apresentam baixa eficiência agrônômica, devido, principalmente, às perdas elevadas, que chegam a 40-50% do total

---

<sup>1</sup> Thaís Murias Jardim, graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, bolsista Pibic do CNPq na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Walkyria Bueno Scivittaro, engenheira-agrônoma, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Aléxia Silveira da Silva, graduanda em Engenharia Química, Instituto Federal Farroupilha, bolsista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; José Maria Barbat Parfitt, engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Rute Caroline Becker Treptow, graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, bolsista Pibic do CNPq na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Herasmo Ceron Bettin, graduando em Química, Instituto Federal Farroupilha, bolsista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Cristina Moreira da Silveira, bacharel em Química, mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, analista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

de nutriente aplicado (Reis et al., 2018), possuindo, ainda, custo elevado. Isso causa aumento significativo no custo total da produção e riscos de contaminação ambiental, decorrentes dos processos de lixiviação, volatilização de amônia, bem como emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 1996). Vale acrescentar que a maior parte dos fertilizantes nitrogenados consumidos anualmente no Brasil é importada, fato que posiciona o País em uma situação frágil de dependência da importação desses insumos (Anda, 2013).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é uma forma sustentável de aportar N às culturas, em substituição ou complementação da adubação nitrogenada mineral. A FBN é um processo bastante eficiente no suprimento do N para leguminosas, dispensando, para algumas culturas, como a soja, a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Isso porque as bactérias que se associam simbioticamente às leguminosas têm a capacidade de fixar o N atmosférico, suprimindo sua demanda (Hungria et al., 2001).

Em espécies vegetais não-leguminosas, como o arroz, a FBN é realizada por bactérias diazotróficas, que não nodulam (Osorio Filho et al., 2016), mas são capazes de colonizar caules e folhas, estabelecendo-se no ambiente endofítico (Osório Filho et al., 2014), sendo, pois, um processo mais influenciado por fatores ambientais e não tão eficiente quanto aquele presente nas relações simbióticas com leguminosas. Apesar disso, a associação com bactérias diazotróficas é extremamente importante para algumas culturas, como o arroz irrigado, por favorecer a absorção de nutrientes, principalmente o N. Em culturas como o arroz e o trigo, a associação com diazotróficos é capaz de suprir aproximadamente 20% das necessidades de N (Okon; Labandera-Gonzales, 1994).

Em razão de as bactérias diazotróficas possuírem a capacidade de colonizar os tecidos vegetais de forma benéfica, ou seja, sem prejudicar a planta hospedeira e, também, pela produção de grande quantidade de auxinas (Biswas et al., 2000), os diazotróficos estimulam o crescimento da parte aérea e, principalmente, do sistema radicular das plantas, resultando em aumento na absorção do N e demais nutrientes, razão pela qual são conhecidos como promotores de crescimento. Esses microrganismos benéficos podem acelerar a germinação das sementes de arroz, aumentar o rendimento de grãos (Yanni et al., 2001), aumentar a produção de matéria seca da parte aérea e conferir maior resistência das plantas a determinados patógenos (Mishra et al., 2006).

Apesar de a utilização isolada de bactérias diazotróficas não suprir integralmente a demanda de N do arroz, essas podem reduzir a demanda de nitrogênio mineral da cultura, visto que promovem aumento da eficiência do uso do N. Consequentemente, os custos de produção podem ser reduzidos, pela diminuição na dose de fertilizantes nitrogenados minerais. De outra forma, há diminuição do impacto ambiental negativo associado ao uso de fontes minerais de N, pois no processo biológico de FBN os efeitos negativos, como lixiviação, eutrofização e emissão de GEE, são considerados desprezíveis.

Pelo exposto, desenvolveu-se o presente trabalho, que teve por objetivo avaliar a interação entre bactérias diazotróficas e a adubação nitrogenada mineral sobre o desempenho agrônômico e produtivo da cultura do arroz irrigado nas condições de cultivo do Sul do Brasil.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado sob condições de campo nas safras agrícolas 2015/2016 e 2016/2017, na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. O solo de ambas as áreas experimentais é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico típico (Cunha; Costa, 2013).

Em cada safra, anteriormente à implantação do experimento, procedeu-se à amostragem do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, para avaliação da fertilidade. Os resultados da análise química do solo da área experimental nas safras 2015/2016 e 2016/2017 são, respectivamente:  $\text{pH}_{\text{água}}$ : 5,6 e 5,7; índice SMP: 6,2 e 6,5; M.O.: 22 e 12  $\text{g/dm}^3$ ; P: 14,3 e 25,1  $\text{mg dm}^{-3}$ ; K: 39 e 33  $\text{mg dm}^{-3}$  e  $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ : 6,7 e 7,6  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ . A interpretação dos resultados da análise química do solo revela que as áreas utilizadas em ambas as safras apresentavam teores baixo de matéria orgânica, muito alto de fósforo disponível e médio de potássio extraível (K) (Sociedade..., 2016). As indicações de adubação fosfatada e potássica para o arroz foram estabelecidas a partir dos resultados da análise química do solo e considerando-se uma expectativa alta de resposta da cultura do arroz à adubação (Reunião..., 2014, 2016). As doses de fertilizantes efetivamente utilizadas foram estabelecidas visando suprir integralmente a dose de K para a cultura, visto ser o nutriente

mais limitante nas áreas experimentais; apresentaram, ainda, variações nas safras, em função das fontes utilizadas na adubação básica de semeadura.

Em ambas as safras, a cultivar de arroz irrigado Puitá INTA CL foi semeada em sistema convencional de preparo do solo. Na safra 2015/2016, adotou-se espaçamento entrelinhas de 17,5 cm e densidade de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. A adubação básica consistiu na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-25-25, de forma localizada no sulco de semeadura. No início do perfilhamento das plantas de arroz (estádio V4-V5), complementou-se a dose de potássio com a aplicação a lanço e em cobertura de 15 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, como cloreto de potássio. Por sua vez, na safra 2016/2017, utilizou-se espaçamento entrelinhas de 20 cm e densidade de 110 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Na semeadura, aplicaram-se 330 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-30 a lanço e incorporada na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Como complementação da dose prevista de potássio, aplicaram-se, na diferenciação da panícula, 37,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, também como cloreto de potássio. As épocas de semeadura seguiram o zoneamento agroclimático da cultura de arroz (Steinmetz et al., 2001). O controle de plantas daninhas e demais tratos culturais seguiram as indicações técnicas da pesquisa para a cultura de arroz irrigado (Reunião..., 2014, 2016).

Os tratamentos compreenderam as combinações dos fatores: a) inoculante de bactéria diazotrófica [com quatro níveis: sem inoculante; *Azospirillum brasilense* (sp. 245) BR.11080; *Herbaspirillum seropedicae* (Z 94) BR.11175 e o inoculante comercial Masterfix® Gramíneas, da empresa Stoller do Brasil Ltda.]; e b) dose de N em cobertura para o arroz irrigado [com quatro níveis: (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N)]. Em função do uso de formulações fertilizantes na adubação de base (05-25-25 e 05-30-20, nas safras 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente) foram adicionados 15,0 e 16,5 kg ha<sup>-1</sup> de N no momento da semeadura. Essas quantidades de N foram descontadas das doses totais de N aplicadas. Assim, as doses de N em cobertura foram: 2015/2016 – 0, 45, 105 e 165 kg ha<sup>-1</sup>; 2016/2017 – 0, 43,5, 103,5 e 163,5 kg ha<sup>-1</sup>.

As estirpes dos inoculantes *A. brasilense* e *H. seropedicae* foram fornecidas pela Embrapa Agrobiologia, na forma de inoculantes sólidos turfosos. Para a inoculação, utilizaram-se 250 g de inoculante por 20 kg de sementes de arroz, de forma a propiciar concentração de 10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> células por semente inoculada. O inoculante comercial Masterfix® Gramíneas contém a bactéria *Azospirillum*

*brasilense* [cepas AbV5 e AbV6 (UFPR)], na concentração de  $8,45 \times 10^8$  UFC/g, apresentando natureza sólida (pó) e tendo turfa como suporte. Para a inoculação utilizaram-se 100 g de Masterfix® Gramíneas por hectare. As doses de nitrogênio utilizadas corresponderam a 0; 50; 100; e 150% da dose recomendada de N para a cultura (Reunião..., 2014; 2016). Utilizou-se ureia (45% de N), como fonte de N para adubação em cobertura.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. O fator inoculante de bactéria diazotrófica foi alocado nas parcelas, e o fator dose de nitrogênio nas subparcelas. As unidades experimentais apresentaram as seguintes dimensões: 2,28 m x 5,0 m, na safra 2015/2016; e 3,6 x 5,0 m, na safra 2016/2017.

As sementes de arroz foram inoculadas na manhã do dia da semeadura. A semeadura do arroz foi realizada no período da tarde após a secagem das sementes. A adubação nitrogenada em cobertura foi aplicada de forma parcelada, nos estádios de quatro a cinco folhas (V4-V5) e iniciação da panícula (R0). Na primeira cobertura com N, aplicaram-se 60% da dose de N prevista nos tratamentos em cobertura, e na segunda os 40% restantes. A primeira cobertura com N foi realizada em solo seco, imediatamente antes do início da irrigação por inundação do solo, e a segunda sobre uma lâmina de água não circulante. As datas das adubações nitrogenadas em cobertura foram estimadas utilizando-se o método de graus-dia (Steinmetz et al., 2004).

Os tratamentos foram avaliados pelas seguintes determinações: nível de N na planta de arroz, estatura de planta, produtividade de grãos, produção de matéria seca e quantidade de N acumulado na parte aérea das plantas de arroz. O nível de N na planta foi avaliado pelas variáveis índice relativo de clorofila (IRC) e teor de N na folha bandeira do arroz. O IRC foi medido com clorofilômetro SPAD 502 – Minolta na folha bandeira de dez plantas por unidade experimental no estádio de floração (R4). O teor de N na folha do arroz foi determinado em amostras constituídas pela folha bandeira de 48 plantas amostradas de cada unidade experimental, utilizando-se método descrito por Freire (2001).

As demais variáveis foram medidas na maturação de colheita (estádio R9). Para tanto, coletou-se a parte aérea das plantas de arroz dispostas em duas linhas de 0,5 m de comprimento de cada parcela experimental. O material

vegetal colhido foi separado em colmos e folhas e grãos e, então, seco em estufa sob temperatura de 65 °C, até atingir massa constante. Após, determinou-se a produção de matéria seca (MS) de ambas as frações, colmos e folhas e dos grãos. Na sequência, ambos os materiais foram moídos e submetidos à análise química para determinação do teor de N no tecido vegetal (Freire, 2001). A partir dos dados de produção de matéria seca dos colmos e folhas e dos grãos e de concentração de N nesses materiais, determinaram-se as quantidades de nitrogênio acumuladas nos colmos e folhas e exportadas pelos grãos. As variáveis produção de matéria seca e N acumulado na parte aérea foram calculadas pelo somatório dos dados relativos aos colmos e folhas e dos grãos. Determinou-se, ainda, a estatura de planta, avaliando-se 20 plantas escolhidas ao acaso de cada parcela experimental, e a produtividade de grãos do arroz, considerando-se uma parcela útil constituída por sete linhas de plantas com 4 m de comprimento. Os dados de produtividade foram corrigidos para 130 g kg<sup>-1</sup> de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, procedeu-se à comparação de médias do fator inoculante de bactéria diazotrófica pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), e do fator dose de N, por análise de regressão polinomial ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o ambiente estatístico “R” (R Core Team, 2016).

## Resultados e Discussão

### Safra 2015/2016

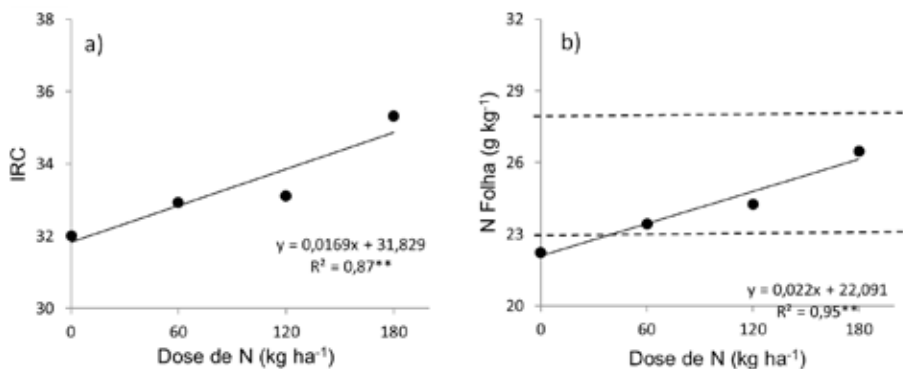
Houve, apenas, efeito isolado de ambos os fatores de tratamento sobre as variáveis indicadoras do nível de N na planta de arroz (índice relativo de clorofila – IRC e teor foliar de N). De forma geral, o uso de inoculante proporcionou menor IRC, comparativamente à testemunha não inoculada, exceção feita para o inoculante Masterfix®, cujo efeito foi intermediário, não diferindo dos tratamentos sem inoculante nem dos demais inoculantes (Tabela 1). Com relação ao efeito da dose de N, os dados de IRC ajustaram-se ao modelo linear crescente  $y = 31,829 + 0,019x$ ;  $R^2 = 0,87^{**}$  (Figura 1a). A aplicação de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N ao arroz proporcionou aumentos de 2,8%, 3,4%

e 10,3%, respectivamente, no IRC na folha, em relação à testemunha com omissão de adubação nitrogenada em cobertura.

**Tabela 1.** Índice relativo de clorofila e teor de nitrogênio na folha bandeira do arroz em função do inoculante de bactéria diazotrófica. Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2015/2016.

Inoculante	IRC	Teor foliar de N
		g kg <sup>-1</sup>
Sem inoculante	34,2 a	24,5 a
<i>A. brasilense</i>	32,9 b	23,1 a
<i>H. seropedicae</i>	32,9 b	23,9 a
Masterfix®	33,4 ab	24,9 a
CV (%)	3,3	10,4

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.



**Figura 1.** Índice relativo de clorofila (IRC) (a) e teor de nitrogênio na folha bandeira do arroz (b) em função da dose de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016. As linhas pontilhadas horizontais delimitam a faixa de suficiência de N (23 a 28 g kg<sup>-1</sup>) para a cultura de arroz irrigado (Sociedade..., 2016).

A variável teor de N na folha bandeira do arroz foi influenciada, apenas, pela dose de N utilizada na adubação, não havendo distinção entre os tratamentos

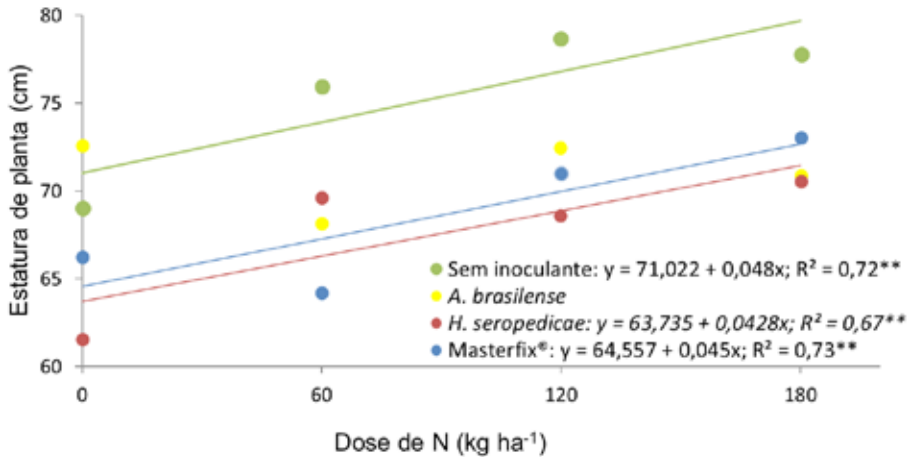


com uso de inoculante e testemunha (Tabela 1). Nesse sentido, destaca-se que o principal benefício associado aos microrganismos diazotróficos é promover o crescimento do sistema radicular das plantas e, conseqüentemente, aumentar a absorção de nutrientes, especialmente o N. Contudo, em não havendo nitrogênio prontamente disponível para a absorção pelas plantas, o efeito desses microrganismos é minimizado.

O teor foliar de N no arroz aumentou proporcionalmente à dose do nutriente utilizada na adubação; os resultados foram descritos pela equação:  $y = 22,09 + 0,02x$ ;  $R^2 = 0,95^{**}$  (Figura 1b). A aplicação de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N proporcionou aumento de 5,2% no teor foliar de N em relação à testemunha sem N; já o tratamento com uso da maior dose de N ( $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ) proporcionou aumento de 18,9% no teor do nutriente. Esse resultado mostra que a variável teor de N na folha do arroz está fortemente associada à quantidade do nutriente disponível no meio de cultivo, sendo indicadora de sua suficiência para a nutrição das plantas de arroz. Destaca-se, porém, que com exceção da testemunha com omissão da adubação nitrogenada, todos os demais tratamentos apresentaram teor foliar de N dentro da faixa de suficiência para a cultura (23 a  $28 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Sociedade..., 2016).

As variações nos dados de IRC acompanharam aquelas observadas para a variável teor foliar de N, demonstrando a sensibilidade do IRC para avaliar o nível de nitrogênio na planta a campo, de modo simples e rápido. Conforme Scivittaro et al. (2012), os valores de IRC são proporcionais à dose de N fornecida às plantas de arroz, à semelhança do que se observou no presente estudo.

Para a variável estatura de planta, determinou-se significância da interação entre os fatores inoculante e dose de N. Os tratamentos testemunha sem inoculante, *H. seropedicae* e Masterfix® responderam positiva e proporcionalmente à aplicação de doses crescentes de N ao arroz. Por outro lado, não houve efeito da dose de N utilizada na adubação do arroz quando se utilizou o inoculante *A. brasilense* (Figura 2).



**Figura 2.** Estatura de plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, os inoculantes *A. brasilense* e Masterfix® proporcionaram plantas de estatura semelhante à testemunha não inoculada. Já o inoculante *H. seropedicae*, com plantas de menor estatura, equiparou-se apenas ao inoculante Masterfix®. Ao contrário, na presença de adubação nitrogenada em cobertura, o tratamento sem inoculação destacou-se entre os demais, determinando plantas de maior estatura.

**Tabela 2.** Estatura de plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
	----- cm -----			
<b>Sem inoculante</b>	69,0 a	76,0 a	78,7 a	77,8 a
<b><i>A. brasilense</i></b>	72,6 a	68,1 b	72,4 ab	70,9 b

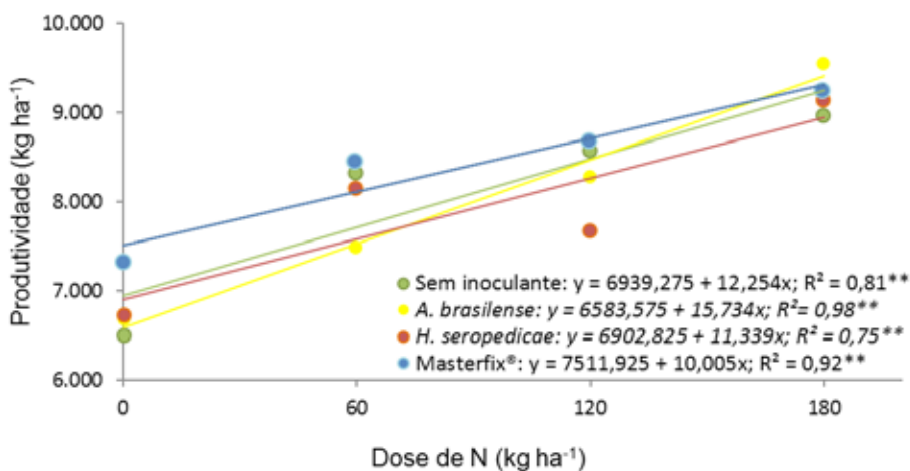
Continua...

Continuação Tabela 2.

	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
<i>H. seropedicae</i>	61,6 b	69,6 ab	71,0 b	70,2 b
Masterfix®	66,2 ab	64,2 b	68,6 b	73,0 ab
CV [inoculante] = 5,8%	CV [Dose de N] = 4,6%			

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Também a variável produtividade de grãos foi significativamente influenciada pela interação entre os fatores inoculante e dose de N. Independentemente do tratamento de inoculação, o efeito da aplicação de N ajustou-se a modelo linear crescente (Figura 3), indicando elevado potencial de resposta da cultivar de arroz irrigado Puitá INTA CL à adubação nitrogenada mineral.



**Figura 3.** Produtividade de grãos de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, assim como sob a maior dose do nutriente aplicada ao arroz (180 kg ha<sup>-1</sup> de N), não houve distinção entre os tratamentos com ou sem o uso de inoculante de bactéria diazotrófica (Tabela 3). Na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, o tratamento Masterfix® resultou em

maior produtividade de grãos ( $8.442 \text{ kg ha}^{-1}$ ), não diferindo, porém, dos tratamentos com uso do inoculante *H. seropedicae* e testemunha sem N. Menor produtividade de grãos esteve associada ao uso do inoculante *A. brasilense* ( $7.498 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Sob a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, também se destacou o inoculante Masterfix®, proporcionando maior produtividade de grãos, mas o desempenho desse diferiu apenas do tratamento *H. seropedicae*, que determinou menor produtividade de grãos; os demais inoculantes tiveram desempenho intermediário, não diferindo entre si (Tabela 3). Em trabalho realizado em casa de vegetação com arroz de sequeiro, Guimarães et al. (2003) verificaram que isolados de *H. seropedicae* aumentaram a produção de grãos do arroz em 25%, já *A. brasilense* propiciou acréscimo de 19% na produtividade do arroz. O inoculante Masterfix® proporcionou aumento médio de 12,6% na produtividade do arroz irrigado, comparativamente à testemunha não inoculada, na ausência de adubação nitrogenada. Para as doses 60, 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, os incrementos de produtividade foram de 1,24%, 1,16% e 3,97%, respectivamente. Esse resultado indica que o desempenho do Masterfix® é potencializado em meio de cultivo com menor disponibilidade de N.

**Tabela 3.** Produtividade de grãos de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Inoculante	Dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	0	60	120	180
	----- $\text{kg ha}^{-1}$ -----			
Sem inoculante	6.488 a	8.339 ab	8.571 ab	8.976 a
<i>A. brasilense</i>	6.668 a	7.498 b	8.278 ab	9.555 a
<i>H. seropedicae</i>	6.719 a	8.155 ab	7.672 b	9.148 a
Masterfix®	7.307 a	8.442 a	8.670 a	9.332 a
CV [inoculante] = 7,8%	CV [Dose de N] = 5,3%			

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O uso do inoculante *A. brasilense* apresentou efeito marcante sobre a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz; na ausência de

adubação nitrogenada, a produção de matéria seca das plantas foi elevada, correspondendo a 19.031 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Esse resultado demonstra o potencial desse inoculante em promover o crescimento das plantas de arroz e, possivelmente, de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Destaca-se que a produção de massa seca do arroz alcançada pelo uso desse inoculante na ausência de adubação nitrogenada equiparou-se à proporcionada pelos demais inoculantes em associação à dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Com relação ao efeito dos demais tratamentos com inoculante e à testemunha não inoculada, esse foi semelhante entre si. Todavia, quando combinados às doses 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, todos os inoculantes proporcionaram comportamento semelhante, assim como a testemunha não inoculada. Esse resultado não se repetiu na presença da dose recomendada de N para o arroz (120 kg ha<sup>-1</sup> de N) para o arroz, para a qual a associação com o inoculante *A. brasilense* propiciou maior produção de matéria seca da parte aérea, superior à determinada para o inoculante *H. seropedicae*; os demais tratamentos apresentaram desempenho intermediário, não se distinguindo dos dois grupos anteriores (Tabela 4). Esse resultado difere do encontrado por Osorio Filho et al. (2016), que relataram incremento de 11% na produção de massa seca de plantas de arroz inoculadas com rizóbios, na ausência de adubação nitrogenada. Porém, ao aplicarem 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, os mesmos autores observaram aumento de 39% na matéria seca dos colmos e folhas das plantas de arroz. Com exceção do *A. brasilense*, todos os demais tratamentos apresentaram resposta positiva ao aumento da dose de N mineral aplicada ao arroz (Figura 4).

**Tabela 4.** Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

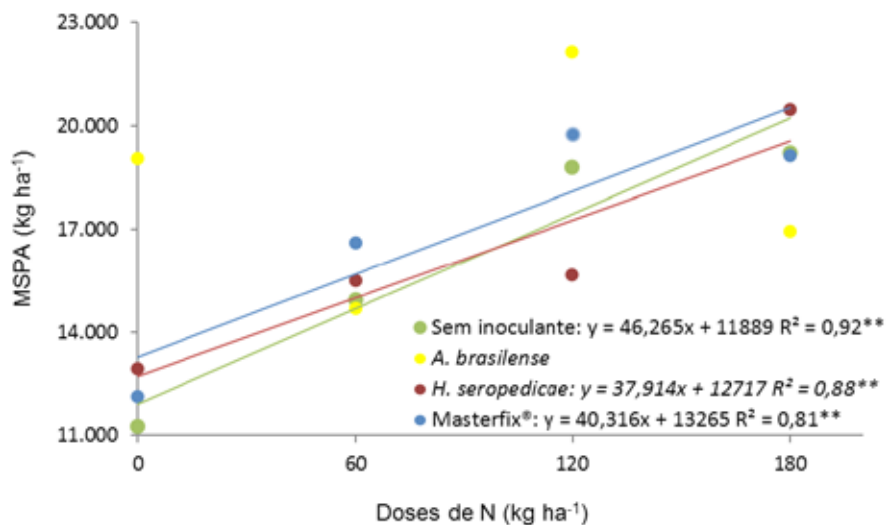
Inoculante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
<b>Sem inoculante</b>	11.257 b	14.934 a	18.797 ab	19.222 a
<b><i>A. brasilense</i></b>	19.031 a	14.679 a	22.129 a	16.928 a

Continua...

Continuação Tabela 4.

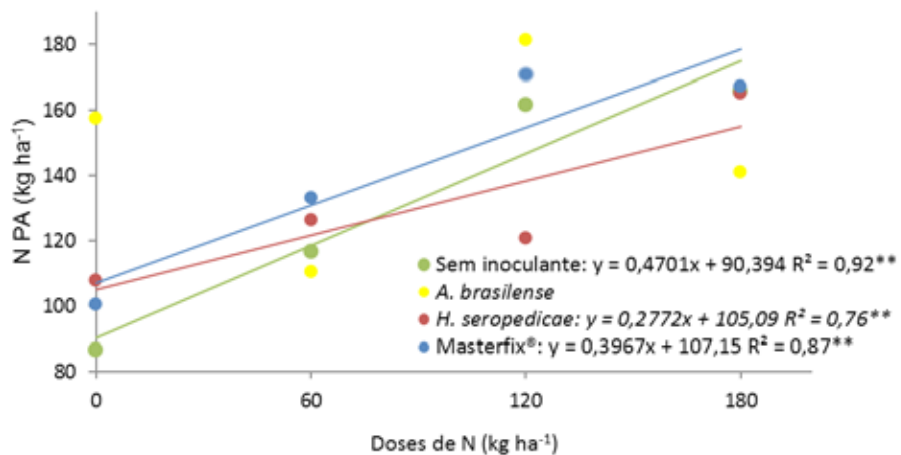
Inoculante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
<i>H. seropedicae</i>	12.930 b	15.477 a	15.659 b	20.452 a
Masterfix®	12.108 b	16.598 a	19.744 ab	19.122 a
CV [inoculante] = 21,3%		CV [Dose de N] = 12,7%		

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.



**Figura 4.** Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz (MSPA) em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Para a variável quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de arroz, determinou-se efeito da interação entre os fatores inoculante e dose de N. O efeito da adubação nitrogenada manifestou-se para os tratamentos testemunha e com o uso dos inoculantes *H. seropedicae* e Masterfix®, para os quais maior quantidade de N foi acumulada nas plantas de arroz em resposta ao aumento na dose de N (Figura 5).



**Figura 5.** Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea das plantas de arroz (N PA) em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Na ausência de adubação nitrogenada, o inoculante *A. brasilense* sobressaiu-se em relação aos demais, proporcionando maior acúmulo de N na parte aérea das plantas de arroz que os demais inoculantes e a testemunha *não inoculada*. Na presença da dose recomendada de N (120 kg ha<sup>-1</sup>), esse inoculante também se destacou, proporcionando maior acúmulo de N na parte aérea das plantas de arroz. O efeito observado não diferiu daquele do inoculante Masterfix®, que contém *Azospirillum*, bem como da testemunha sem inoculante, cujo desempenho equiparou-se também ao inoculante *H. seropedicae* (Tabela 5). Segundo Kuzz et al. (2007), as bactérias do gênero *Azospirillum* spp. são muito eficientes na fixação do N atmosférico, suprimindo boa parte da demanda do nutriente das plantas, mesmo sob baixos teores de N disponível no solo, o que explica o desempenho desse inoculante na ausência de adubação nitrogenada mineral. Para as doses de N (60 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), não houve diferença entre os tratamento de inoculação sobre a quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas (Tabela 5).

**Tabela 5.** Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea das plantas de arroz (N PA) das plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2015/2016.

Inoculante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
Sem inoculante	86,8 b	116,6 a	161,6 ab	165,8 a
<i>A. brasilense</i>	158,5 a	100,5 a	181,3 a	140,9 a
<i>H. seropedicae</i>	107,8 b	126,4 a	120,7 b	165,2 a
Masterfix®	100,5 b	133,0 a	170,8 a	167,2 a
CV [inoculante] = 25,0%	CV [Dose de N] = 14,3%			

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## Safra 2016/2017

Também na segunda safra não houve significância da interação entre os fatores inoculante de bactéria diazotrófica e dose de N sobre as variáveis indicadoras do nível de nitrogênio na planta de arroz. O índice relativo de clorofila na folha foi influenciado por ambos os fatores isoladamente, mas o teor foliar de N apenas pela dose de N. A comparação entre os tratamentos de inoculação mostra que, de forma geral, o uso de inoculantes promove aumento no IRC, relativamente à testemunha não inoculada, que apresentou menor IRC, equiparado, apenas, pelo inoculante comercial Masterfix® (Tabela 6). Com relação ao efeito da dose de N, os dados foram descritos por modelo linear crescente (Figura 6a). A partir desse, determinou-se incremento no IRC de 2,9%, em relação à testemunha sem N, quando do uso da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, atingindo 12%, na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O teor foliar de N não variou entre os tratamentos de inoculação (Tabela 6), mas foi significativamente influenciado pela dose de N utilizada na adubação, com comportamento crescente em resposta ao aumento na adubação nitrogenada (Figura 6b). Esse resultado confirma observações da safra anterior



de que a concentração foliar de N no arroz está intimamente relacionada à disponibilidade do nutriente no meio de cultivo, cuja principal fonte para o solo do presente estudo é a adubação nitrogenada mineral.

**Tabela 6.** Índice relativo de clorofila e teor de nitrogênio na folha bandeira, estatura de planta e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea (N PA) das plantas de arroz em função do inoculante de bactéria diazotrófica. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2016/2017.

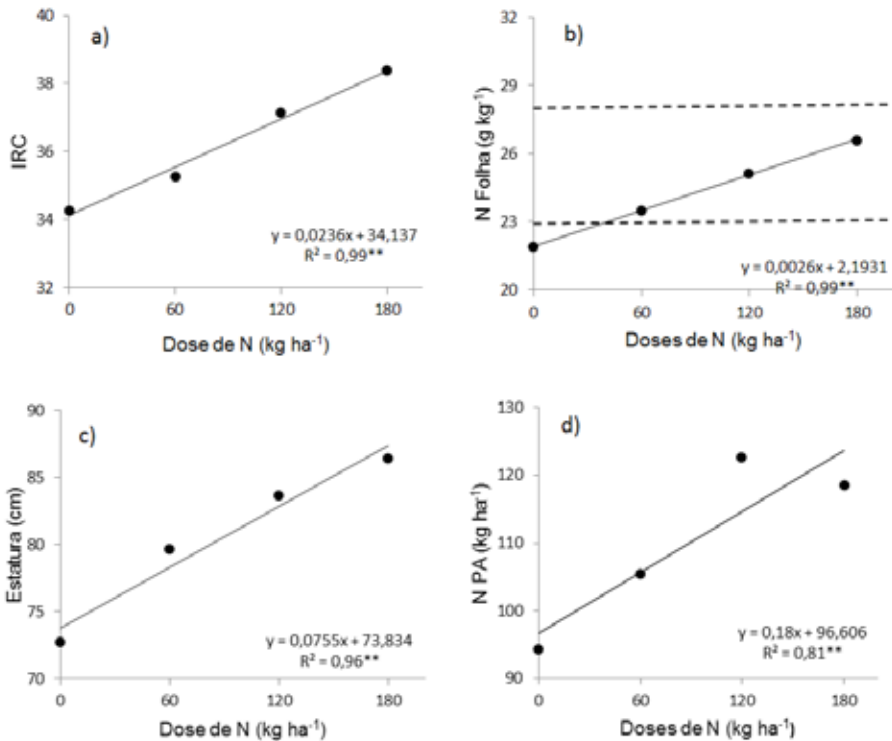
Inoculante	IRC	Teor foliar de N	Estatura	N PA
	---	g kg <sup>-1</sup>	cm	kg ha <sup>-1</sup>
Sem inoculante	35,5 b	24,6 a	80,1 a	104,9 a
<i>A. brasilense</i>	36,9 a	23,9 a	80,4 a	112,2 a
<i>H. seropedicae</i>	36,6 a	23,7 a	80,9 a	111,7 a
Masterfix®	36,0 ab	24,9 a	81,0 a	111,8 a
CV (%)	2,6	5,6	7,9	15,7

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve efeito do uso de inoculante de bactéria diazotrófica sobre a estatura das plantas de arroz (Tabela 6). Porém, na média dos tratamentos de inoculação, verificou-se resposta crescente da estatura das plantas de arroz, devida ao incremento na dose de N mineral aplicada; os dados ajustaram-se à equação:  $y = 73,834 + 0,075x$ ;  $R^2 = 0,96^{**}$  (Figura 6c).

Assim como na safra 2015/2016, determinou-se significância da interação entre os fatores inoculação e dose de N sobre a produtividade de grãos de arroz. Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, maior produtividade foi determinada para o inoculante *A. brasilense*, cujo desempenho foi superior ao de *H. seropedicae*, equiparando-se, porém, ao de Masterfix® e da testemunha não inoculada, que apresentaram desempenho intermediário. Na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém, maior produtividade foi conferida pelo inoculante Masterfix®, o qual não diferiu de *A. brasilense* e da testemunha. Novamente, *H. seropedicae* proporcionou menor produtividade de grãos do arroz. Quando se utilizou a dose recomendada de N para o arroz (120 kg ha<sup>-1</sup>

de N), não se verificou efeito do tratamento de inoculação. Mas sob a maior dose de N, os tratamentos com uso de inoculante destacaram-se em relação à testemunha não inoculada, particularmente *A. brasilense*, cujo efeito foi superior ao da testemunha (Tabela 7).



**Figura 6.** Índice relativo de clorofila (IRC) (a) e teor de nitrogênio na folha bandeira (b), estatura de plantas (c) e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea (N PA) (d) das plantas de arroz em função da dose de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra 2016/2017. As linhas pontilhadas horizontais delimitam a faixa de suficiência de N (23 a 28 g kg<sup>-1</sup>) para a cultura de arroz de arroz irrigado (Sociedade..., 2016).

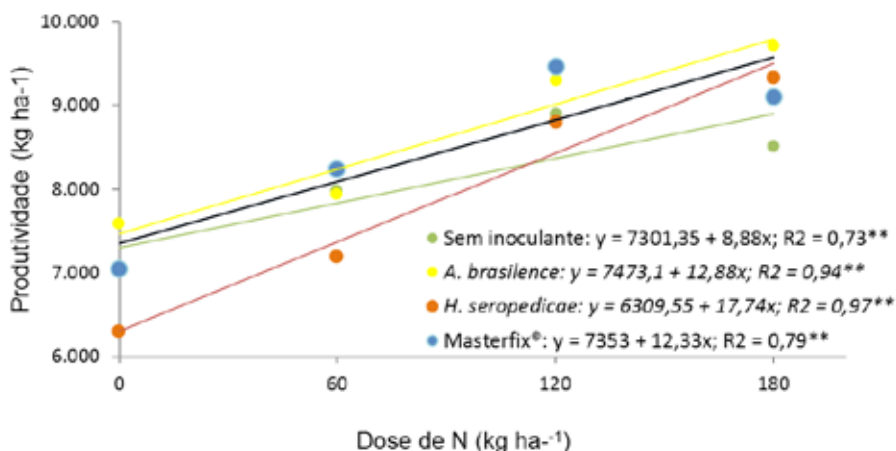
Independentemente do tratamento de inoculação, determinou-se relação direta entre a dose de nitrogênio mineral aplicada via adubação e a produtividade de grãos do arroz irrigado (Figura 7). Nota-se, ainda, que a resposta ao

nitrogênio foi mais acentuada para o inoculante *H. seropedicae*, possivelmente devido à menor eficiência desse inoculante como fonte de N para o arroz irrigado.

**Tabela 7.** Produtividade de grãos de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2016/17.

Inoculante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
Sem inoculante	7.033 ab	7.976 ab	8.889 a	8.505 b
<i>A. brasilense</i>	7.589 a	7.930 ab	9.304 a	9.707 a
<i>H. seropedicae</i>	6.307 b	7.198 b	8.796 a	9.322 ab
Masterfix®	7.045 ab	8.241 a	9.460 a	9.105 ab
CV [inoculante] = 6,9%		CV [Dose de N] = 4,6%		

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

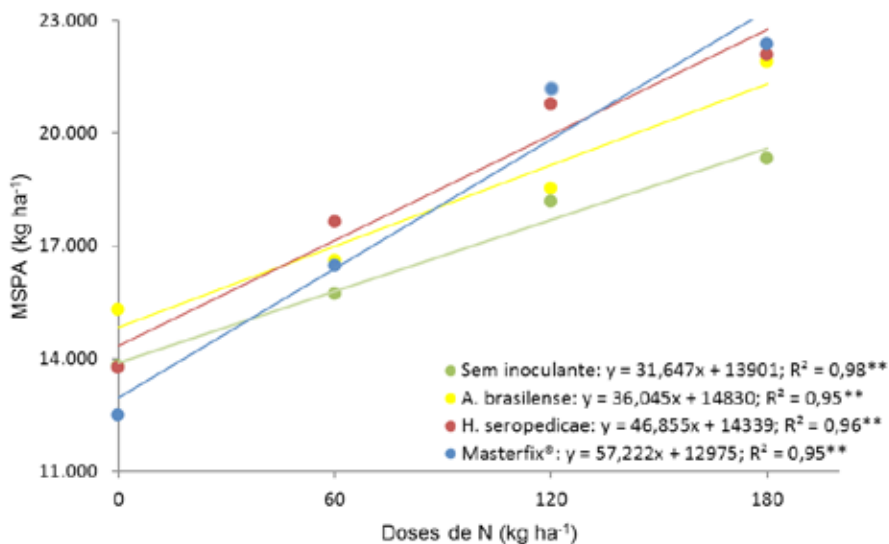


**Figura 7.** Produtividade de grãos de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2016/2017.

Para a variável produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz, houve interação entre os dois fatores avaliados. Resposta à dose de N aplicada ao arroz foi verificada para todos os tratamentos de inoculação; os dados ajustaram-se a modelos lineares crescentes, mostrando que a produção de massa seca do arroz está diretamente relacionada à disponibilidade de N no solo (Figura 8). Na ausência de adubação nitrogenada, o inoculante *A. brasilense* apresentou desempenho superior ao de Masterfix®; o inoculante *H. seropedicae* e testemunha não inoculada tiveram efeito intermediário, não diferindo dos demais tratamentos de inoculação. Porém, quando os inoculantes foram associados ao uso de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, ou seja, metade da dose recomendada do nutriente para o arroz, o melhor inoculante foi *H. seropedicae*, cujo desempenho não diferiu de *A. brasilense* e de Masterfix®, sendo superior, apenas, à testemunha. Nas duas maiores doses de N avaliadas (120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), todos os inoculantes apresentaram efeito semelhante e superior ao da testemunha não inoculada, sugerindo complementariedade do efeito dos inoculantes e adubação nitrogenada mineral (Tabela 8).

Vale destacar que, assim como na safra 2015/2016, o efeito do inoculante *A. brasilense* sobressaiu-se em relação ao dos demais inoculantes, proporcionando maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz, sob condição de restrição na disponibilidade de N mineral no solo (tratamento testemunha com omissão da adubação nitrogenada mineral). Com o aumento da dose de N mineral, a diferença no desempenho dos inoculantes foi minimizada (Tabela 8), porém esses promoveram aumento na produção de matéria seca das plantas em relação à ausência de inoculante. Esse comportamento reforça observação anterior de possível efeito aditivo do inoculante ao da adubação nitrogenada mineral.

Muito embora os inoculantes de bactérias diazotróficas tenham demonstrado potencial para otimizar a produção do arroz irrigado, especialmente quando combinados a níveis baixos de N mineral, não se determinou efeito da interação entre os fatores inoculação e dose de N sobre a quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de arroz. No entanto, observou-se efeito isolado do fator dose de N mineral. Considerando-se os valores médios dos tratamentos de inoculação, observa-se aumento na quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de arroz em resposta ao incremento na dose de nitrogênio utilizada na adubação (Figura 6d).



**Figura 8.** Produção de matéria seca na parte aérea (MSPA) das plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2016/2017.

**Tabela 8.** Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz em função da interação entre inoculantes de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, safra agrícola 2016/2017.

Inoculante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	60	120	180
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
<b>Sem inoculante</b>	13.803 ab	15.707 b	18.181 b	19.308 b
<b>A. brasilense</b>	15.306 a	16.600 ab	18.514 b	21.878 a
<b>H. seropedicae</b>	13.756 ab	17.626 a	20.759 a	22.082 a
<b>Masterfix®</b>	12.492 b	16.461 ab	21.188 a	22.361 a
CV [inoculante] = 3,4%	CV [Dose de N] = 5,0%			

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De modo geral, os benefícios associados ao uso de inoculante contendo *A. brasilense* na cultura de arroz irrigado foram maiores, relativamente aos demais inoculantes, particularmente no que se refere à produtividade de grãos, corroborando observações de Dobbelaere et al. (2003), os quais relatam que o gênero *Azospirillum* estabelece interação benéfica com poáceas e sintetiza auxinas, principalmente o ácido indolacético, que são substâncias responsáveis pelo crescimento de plantas. Por sua vez, Ferreira et al. (2010), em trabalho realizado com *H. seropedicae*, determinaram aumento de 13% na produtividade de grãos de arroz e de 19% no N acumulado nos grãos. Esse efeito não foi confirmado, porém, no presente estudo, em que o desempenho do inoculante contendo *H. seropedicae* não foi tão favorável quanto a *A. brasilense* e Masterfix®, esse último também composto a partir de *Azospirillum*. Possivelmente, o menor efeito de *H. seropedicae* esteja associado à interação menos favorável entre estirpe e cultivar utilizadas. Nesse sentido, Kuzz et al. (2007) relataram efeito diferenciado da interação entre cultivares de arroz e bactérias diazotróficas. A preferência da bactéria diazotrófica está relacionada com a composição do exsudato radicular produzido pelas diferentes cultivares (Nehl et al. 1996; Bacilio-Jiménez et al., 2003; Valé et al., 2005).

Acrescenta-se que o uso de bactérias diazotróficas em arroz irrigado não substitui a aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais, mas pode reduzir a quantidade demandada (Osorio Filho et al., 2016). Os dados do presente estudo ratificam essa constatação, visto que o uso de inoculantes, principalmente *A. brasilense*, complementaram a adubação nitrogenada mineral, contribuindo positivamente para o desempenho produtivo da cultura.

## Agradecimentos

À pesquisadora Vera Lúcia Divan Baldani, da Embrapa Agrobiologia, pelo fornecimento de inoculantes de bactérias diazotróficas.

## Conclusões

Os inoculantes de bactérias diazotróficas interagem de maneira distinta com a adubação nitrogenada mineral no cultivo de arroz irrigado.

Os inoculantes de bactérias diazotróficas podem promover aumento da eficiência de uso do N de fonte mineral em cultivo de arroz irrigado.

Os inoculantes compostos a partir de *Azospirillum brasilense* destacam-se no cultivo de arroz irrigado, proporcionando melhor desempenho agrônômico e produtivo da cultura.

## Referências

BACILIO-JIMÉNEZ, M.; AGUILAR-FLORES, S.; VENTURA ZAPATA, E.; PÉREZ-CAMPOS, E.; BOUQUELET, S.; ZENTENO, E. Chemical characterizations of root exudates from rice (*Oriza sativa*) and their effects on the chemotatic response of endophytic bacteria. **Plant and Soil**, v. 249, p. 271-277, 2003.

BISWAS, J. C.; LADHA, J. K.; DAZZO, F. B.; YANNI, Y. G.; ROLFE, B. G. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 5, p. 880-886, 2000.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2017/18. Décimo segundo levantamento. Setembro 2018. Online. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 28 set. 2018.

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).

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, p. 107-149, 2003.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, p. 1405-1429, 2001.

FERREIRA, J. S.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de inoculantes à base de turfa contendo bactérias diazotróficas em duas variedades de arroz. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 32, p. 179-185, 2010.

FREIRE, C. J. S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201 p.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em arroz de sequeiro. *Agronomia*, v. 37, n. 2, p. 25-30, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

IPCC. Climate change impacts on forests. In: WATSON, R. T.; ZINYOWERA, M. C.; MOSS, R. H. (Ed.). *Climate Change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses*. Contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 1996. 879 p.

MISHRA, R. P. N.; SINGH, R. K.; JAISWAL, H. K.; KUMAR, V.; MAURYA, S. Rhizobium-mediated induction of phenolics and plant growth promotion in rice (*Oryza sativa* L.). *Current Microbiology*, v. 52, n. 5, p. 383-389, 2006.

NEHL, D. B.; ALLEM, S. J.; BROWN, J. F. Deleterious rhizosphere bacteria: an integrating perspective. *Applied Soil Ecology*, v. 5, p. 1-20, 1996.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OSORIO FILHO, B. D.; BINZ, A.; LIMA, R. F.; GIONGO, A.; SÁ, E. L. S. Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, v. 46, n. 3, p. 478-485, 2016.

OSÓRIO FILHO, B. D.; GANO, K. A.; BINZ, A.; LIMA, R. F.; AGUILAR, L. M.; RAMIREZ, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; SÁ, E. L.; GIONGO, A. Rhizobia enhance growth in rice plants under flooding conditions. *American and Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, v. 14, n. 8, p. 707-718, 2014.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. D. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. cap. 8, p. 280-307.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation, 2016.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 30., 2014, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, 2014. 192 p.

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.

SCIVITTARO, W. B.; PARFITT, J. M. B.; DA SILVA, P. S.; SILVEIRA, A. D. Manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado por aspersão. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 29 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos 177).

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.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; MARIOT, C. H. P.; MARAL, A. G.; FERREIRA, J. S. A. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

STEINMETZ, S.; INFELD, J. A.; ASSIS, F. N. de; WREGE, M. S.; FERREIRA, J. S. A. **Uso do método de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 36 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 126).



VALÉ, M.; NGUYEN, C.; DAMBRINE, E.; DUPOUEY, J.L. Microbial activity in the rhizosphere soil of six herbaceous species cultivated in a greenhouse is correlated with shoot biomass and root C concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 2329- 2333, 2005.

YANNI, Y. G.; RIZK, R. Y.; ABD EL-FATTAH, F. K.; SQUARTINI, A.; CORICH, V.; GIACOMINI, A.; DE BRUIJN, F.; RADEMAKER, J.; MAYA-FLORES, J.; OSTROM, P.; VEGA-HERNANDEZ, M.; HOLLINGSWORTH, R. I.; MARTINEZ-MOLINA, E.; MATEOS, P.; VELAZQUEZ, E.; WOPEREIS, J.; TRIPLETT, E.; UMALI-GARCIA, M.; ANARNA, J. A.; ROLFE, B. G.; LADHA, J. K.; HILL, J.; MUJOO, R.; NG, P. K.; DAZZO, F. B. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. Trifolli with rice roots. **Australian Journal Plant of Physiology**, v. 28, n. 9, p. 845-870, 2001.

**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

*Nathália Santos Fick (estagiária)*

Foto da capa

*Paulo Lanzetta*

