

Contribuição da Bactéria
diazotrófica *Herbaspirillum*
seropedicae para o
Rendimento de Grãos de
Arroz e Milho em Roraima

República Federativa do Brasil
Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Reinhold Stephanes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto

Presidente

Sívio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Marcelo Barbosa Saintive

Membros

Diretoria–Executiva da Embrapa

Sívio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio deFrança

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Roraima

Antonio Carlos Centeno Cordeiro

Chefe Geral

Roberto Dantas de Medeiros

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Miguel Amador de Moura Neto

Chefe Adjunto de Administração



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 06

Contribuição da Bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o Rendimento de Grãos de Arroz e Milho em Roraima

Jerri Édson Zilli
Leandro Carvalho Marson
Verônica Massena Reis
Gabriela Cavalcanti Alves
Vera Lúcia Divan Baldani
Antônio Carlos Centeno Cordeiro

Boa Vista, RR
2007

Embrapa Roraima, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,
Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Roraima

Rodovia BR-174, km 8 - Distrito Industrial

Cx. Postal 133 –CEP. 69.301-970

Boa Vista- Roraima-Brasil

Telefax: (95) 3626.7125

Home page: www.cpafr.embrapa.br

E-mail: sac@cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Roberto Dantas de Medeiros

Secretário-Executivo: Alberto Luiz Marsaro Júnior

Membros: Aloísio Alcântara Vilarinho

Gilvan Barbosa Ferreira

Kátia de Lima Nechet

Liane Marise Moreira Ferreira

Moisés Cordeiro Mourão de Oliveira Júnior

Normalização Bibliográfica: Maria José Borges Padilha

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

1ª edição

1ª impressão (2007): 300

Zilli, Jerri Edson

Contribuição da bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o rendimento de grãos de arroz e milho em Roraima, por Jerri Edson Zilli, Leandro Carvalho Marson, Verônica Massena Reis, Gabriela Cavalcante Alves, Vera Lúcia Divan Baldani e Antônio Carlos Centeno Cordeiro. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007.

20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Roraima; 6).

1. Nitrogênio. 2. *Oriza sativa*, *Zea mays*. I. Título. II. Série.

CDD: 633.18

SUMÁRIO

Resumo.....	04
Abstract.....	05
Introdução.....	06
Material e Métodos.....	07
Resultados.....	09
Discussão.....	12
Conclusões.....	14
Referências Bibliográficas.....	15

Contribuição da bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o rendimento de grãos de arroz e milho em Roraima

Jerri Édson Zilli¹
Leandro Carvalho Marson²
Gabriela Cavalcanti Alves³
Verônica Massena Reis⁴
Vera Lúcia Divan Baldani⁴
Antônio Carlos Centeno Cordeiro¹

RESUMO

Com o objetivo de testar a contribuição da inoculação da estirpe diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* (ZAE 94) para o rendimento de grãos da cultura do arroz de terras altas e de milho em Roraima foram conduzidos cinco experimentos em área de mata e cerrado. Para a avaliação da cultura do arroz utilizou-se os cultivares BRS Bonança e BRS MG Curinga, tendo sido testados os tratamentos: sem nitrogênio (N) e sem inoculante (controle), 90 kg de N ha⁻¹ (50% no plantio e 50% aos 40 dias após a emergência) e sem inoculação, inoculação sem N e inoculação mais 20 kg de N ha⁻¹. Para avaliação na cultura do milho conduziu-se um experimento em área de cerrado testando-se a variedade BRS 4157 (Sol da Manhã) e híbrido BRS 1010 com os tratamentos: sem N e sem inoculante (controle), 40 kg de N ha⁻¹ no plantio, 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg no plantio e 40 kg em cobertura aos 25 dias após a emergência), inoculação sem N, 40 kg de N ha⁻¹ mais inoculação e 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg no plantio e 40 kg em cobertura ao 25 dias após a emergência) mais inoculação. Os resultados indicaram que não houve contribuição significativa no rendimento de grãos dos cultivares de arroz BRS Bonança e BRS MG Curinga à inoculação tanto em área de cerrado como na mata. No entanto, a inoculação contribuiu significativamente para o aumento do rendimento de grãos no híbrido de milho BRS 1010, ao passo que na variedade BRS 4157 este efeito não foi observado.

Palavras-chave: nitrogênio, FBN, *Oryza sativa*, *Zea mays*,

¹ Pesquisador em Microbiologia do Solo, Doutor em Agronomia Ciência do Solo - Embrapa Roraima, CP 133, 69301-970, Boa Vista, RR; zilli@cpafrr.embrapa.br

² Acadêmico de Agronomia da UFRR, bolsista de iniciação científica do programa PIBIC/CNPq na Embrapa Roraima. BR 174, km 08. Distrito Industrial. CP 133. 69.301-970. Boa Vista, RR; novorumoplan@osite.com.br

³ Doutoranda em Agronomia da UFRRJ; gabrielacalves@yahoo.com.br

⁴ Pesquisadora em Microbiologia do Solo, Doutora em Agronomia Ciência do Solo - Embrapa Agrobiologia. CP 74505, 23890-000, Seropédica, RJ; veronica@cnpab.embrapa.br; vera@cnpab.embrapa.br

Contribution of the diazotrophic bacteria *Herbaspirillum seropedicae* for the rice and corn grains productivity in Roraima

ABSTRACT

This work aimed to test the contribution of ZAE 94 *Herbaspirillum seropedicae* strain for the grains productivity of the high lands rice and corn crop in Roraima State. For the evaluations in the rice, four experiments were performed in forest and cerrado areas using the BRS Bonança and BRS MG Curinga cultivars with the following treatments: without nitrogen (N) and without inoculation (control), 90 kg of N ha⁻¹ (50% in the planting and 50% to the 40 days after the emergency of the plants) and without inoculation, inoculation without N and inoculation more 20 kg of N ha⁻¹. On the other hand, for evaluation in the corn crop were conducted one experiment in cerrado area being tested the cultivar BRS 4157 (Sol da Manhã) and BRS 1010 with the treatments: without nitrogen (N) and without inoculation (control), 40 kg of N ha⁻¹ in the planting, 80 kg of N ha⁻¹ (40 kg in the planting and 40 kg 25 days after the emergency of the plants), inoculation without N, 40 kg of N ha⁻¹ more inoculation and 80 kg of N ha⁻¹ (40 kg in the planting and 40 kg 25 days after the emergency of the plants) more inoculation. The results indicated that there was not significant contribution of the *Herbaspirillum* to the productivity of grains in the BRS Bonança and BRS MG Curinga rice cultivars in cerrado areas or in forest area. However, the inoculation contributes significantly to the increase of the grains yields in the corn hybrid BRS 1010, while in the variety BRS 4157 this effect was not also observed.

Keywords: nitrogen, BNF, *Oryza sativa*, *Zea mays*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o esgotamento dos recursos naturais e a necessidade de redução de impactos negativos das culturas anuais ao meio ambiente têm levado a uma busca constante por práticas de cultivo conservacionistas.

Para as culturas de gramíneas como o arroz e o milho, a adubação nitrogenada mineral destaca-se por ser uma prática de cultivo onerosa ao sistema agrícola, chegando a 40-50% do custo de produção; por ser exigente em energia na indústria; consumir grande quantidade de derivados de petróleo; além de representar risco de contaminação ambiental (Alves, 2007).

Desde a década de 50, do século passado, tem sido identificada a ocorrência de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (bactérias diazotróficas) em associações com diversos vegetais (Baldani & Baldani, 2005), além de plantas leguminosas, nas quais a fixação biológica de nitrogênio (FBN) havia sido observada ainda no século XIX (Young, 1999). Muitas destas bactérias também são produtoras de promotores de crescimento como auxinas, giberelinas e citoquininas que podem conferir importantes características adaptativas aos vegetais (Dobbelaere et al., 2002).

Em geral, as plantas da família Poaceae (antiga Gramineae) são capazes de se associar com bactérias diazotróficas que colonizam desde rizosfera, raízes, folhas e o interior do tecido vegetal. Sendo reconhecidos atualmente pelo menos 30 espécies bacterianas fixadoras de nitrogênio em gramíneas distribuídas em 17 gêneros (Moreira & Siqueira, 2006).

Avaliações de experimentos inoculados com *Azospirillum* mostram haver uma grande variação de resposta à inoculação, sendo observados efeitos significativos entre 5-30% dos ensaios em condições de campo (Sumner, 1990; Okon & Labandera-Gonzalez, 1994).

Considera-se que esta variabilidade de respostas à inoculação esteja relacionada a várias fases do processo de FBN, bem como ao limitado conhecimento sobre o potencial de uso das bactérias. Comparativamente com a FBN que ocorre em plantas leguminosas, a FBN em gramíneas possui a desvantagem de não haver a formação de nódulos em raízes e/ou caules, onde ocorre a fixação do N. A ausência desta estrutura, além de propiciar menor eficiência no processo de fixação, faz com que o N seja

transferido da bactéria à planta muito lentamente, sendo que apenas uma pequena parte torna-se disponível ao vegetal (Van Dommelen et al., 1998).

A partir das últimas décadas outras bactérias passaram a ser estudadas quanto à associação com gramíneas, com destaque para *Herbaspirillum seropedicae*, *H. rubrisubalbicans*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* e *Burkholderia tropica*, as quais possuem um modo de colonização diferente de *Azospirillum*, pois são consideradas endofíticas obrigatórias (Baldani & Baldani, 2005). Estas espécies citadas vêm recebendo maior atenção do meio científico por acreditar-se que a forma de fornecimento de nitrogênio propiciado por endofíticos obrigatórios seja mais efetiva.

Alguns estudos de inoculação de arroz em casa de vegetação mostraram aumentos de 17-19% do N derivado de FBN para a inoculação de plantas com estirpes de *Herbaspirillum seropedicae* e 11 a 20% para *Burkholderia* sp. (Baldani, 1996). Em condições de campo, dependendo da variedade de arroz, o incremento na produção pode chegar a 50% quando a inoculação é efetuada com estirpes selecionadas (Guimarães et al., 2003).

Para a cultura do milho, estudos recentes mostraram a possibilidade de aumento da produtividade de alguns cultivares em até 34%, tendo havido grande variabilidade na capacidade de obter N via FBN (Alves, 2007).

Assim, este trabalho objetivou testar a contribuição da estirpe diazotrófica ZAE 94 de *Herbaspirillum seropedicae* para o desenvolvimento e produtividade de grãos da cultura do arroz de terras altas e milho em Roraima.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Inoculação na cultura do arroz

Durante os anos de 2005 e 2006 foram conduzidos quatro experimentos em áreas de mata e cerrado no Estado de Roraima. Na área de mata os experimentos foram implantados no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima (CEC), localizado no município do Cantá (coordenadas W 60° 50' 15" e N 02° 39' 48"``) e na área de cerrado os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental Água Boa (CEAB), município de Boa vista (coordenadas W 60° 39' 54" e N 02° 15' 00"``).

A análise de solo destas áreas encontra-se na Tabela 1, tendo sido utilizada como adubação de plantio 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, 80 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio e 50 kg ha^{-1} FTE BR 12.

Os experimentos foram conduzidos em condições de sequeiro, entre os meses de maio e setembro (estação chuvosa), utilizando os cultivares BRS MG Curinga e BRS Bonança. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com seis repetições, dimensões das parcelas de $4\text{m} \times 5\text{m}$, área útil de 9m^2 , espaçamento entre linhas de $0,40\text{m}$ e aproximadamente 60 plantas por metro linear. Para ambos cultivares foram testados os tratamentos: sem nitrogênio (N) e sem inoculante (controle), $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (50% no plantio e 50% aos 40 dias após a emergência) e sem inoculação, inoculação sem N e inoculação mais $20 \text{ kg de N ha}^{-1}$. O inoculante utilizado foi um produto experimental em veículo turfoso produzido pela Embrapa Agrobiologia. Para a inoculação, umedeceu-se as sementes na proporção de 5 mL kg^{-1} de água potável na semente, adicionou-se o inoculante na proporção de 10 g kg^{-1} de inoculante na semente (concentração de células no inoculante na faixa de 10^9), homogeneizou-se e procedeu-se a semeadura. Na colheita avaliou-se a produtividade de grãos com umidade corrigida para 13%.

Inoculação na Cultura do Milho

Em 2006 foi conduzido um experimento em área de cerrado no campo experimental Monte Cristo da Embrapa Roraima (CEMC), localizado no município de Boa Vista (coordenadas W $60^\circ 42' 40''$ e N $02^\circ 56' 53''$). A análise de solo desta área encontra-se na Tabela 1, tendo sido utilizada como adubação de plantio 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, 90 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio (20 kg aplicados no plantio e 70 kg em cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas). O experimento foi conduzido entre abril e setembro (estação chuvosa) com a variedade BRS 4157 (Sol da Manhã) e o híbrido simples BRS 1010, sendo o delineamento experimental blocos ao acaso com seis repetições. As dimensões das parcelas foram de $4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ e área útil de $8,1 \text{ m}^2$, espaçamento entre linhas de $0,9 \text{ m}$ e aproximadamente 6 plantas por metro linear. Para ambos cultivares foram testados os tratamentos: sem N e sem inoculante (controle), $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no plantio, $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (40 kg no plantio e

9 Contribuição da Bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o Rendimento de Grãos de Arroz e Milho em Roraima

40 kg em cobertura aos 25 dias após a emergência), inoculação sem N, inoculação mais 40 kg de N ha⁻¹ e inoculação mais 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg no plantio e 40 kg em cobertura aos 25 dias após a emergência). Para a inoculação, umedeceu-se as sementes na proporção de 3 mL kg⁻¹ de água potável na semente, adicionou-se o inoculante (5 g kg⁻¹ de inoculante na semente, concentração de células no inoculante na faixa de 10⁹), homogeneizou-se e procedeu-se a semeadura. Na colheita avaliou-se a produtividade de grãos com umidade corrigida para 13%.

Tabela 1 – Análise química do solo em áreas de cerrado e mata nos campos experimentais da Embrapa Roraima, profundidade de 0-20 cm (Embrapa, 1997).

Área	Ano	pH	Al	K	Ca	Mg	H+Al	C _{org}	P
CEAB ¹	2005	5,3	0,00	0,02	0,94	0,32	2,02	5,8	29,8
CEC ²		5,6	0,09	10,0	2,21	0,39	2,88	10,8	40,2
CEAB ³	2006	5,4	0,13	0,15	0,67	0,56	2,31	5,9	31,9
CEC ⁴		5,4	0,00	12,0	3,02	0,41	2,01	11,1	39,2
CEMC ⁵	2006	5,8	0,03	0,53	2,30	0,69	2,02	9,5	62,4

¹Textura: areia 81%, silte 3% e argila 16%; ²areia 67%, silte 6% e argila 27%; ³ areia 78%, silte 4% e argila 19%; ⁴areia 67%, silte 6% e argila 27%, ⁵areia 70%, silte 3% e argila 27%.

1. RESULTADOS

Cultura do arroz

Os cultivares de arroz BRS Bonança e BRS MG Curinga foram avaliados nos anos de 2005 e 2006 em área de mata (CEC) e cerrado (CEAB) (Tabela 2). Os resultados das avaliações mostraram que a produtividade entre os dois cultivares foi semelhante, entretanto, observou-se maior produtividade média na área de mata (dados não mostrados).

Quanto à avaliação dos tratamentos, observou-se que a inoculação com *Herbaspirillum* proporcionou nos ensaios do CEC, média de rendimento de grãos superior a 2200 kg ha⁻¹ para o cultivar BRS Curinga e 1900 kg ha⁻¹ para o BRS Bonança, respectivamente. Nestes mesmos experimentos o controle do cv. BRS Curinga proporcionou rendimento em torno de 1950 kg ha⁻¹, enquanto para o controle da cv BRS Bonança a média foi cerca de 1800 kg ha⁻¹. Esta diferença de produtividade entre os tratamentos inoculados e os respectivos controles não foi estatisticamente significativa

(Tabela 2). Por outro lado, o tratamento nitrogenado (90 kg ha^{-1} de N parcelado em duas vezes), proporcionou produtividade de grãos significativamente superior aos demais tratamentos em todos os ensaios, chegando a produzir mais de 3500 kg ha^{-1} de grãos no CEC.

No CEAB, da mesma forma que no CEC, o tratamento nitrogenado sempre proporcionou rendimentos superiores aos demais tratamentos, embora a produtividade média de grãos de todos os tratamentos nesta área tenha sido inferior ao CEC (Tabela 2).

Também, analisando-se conjuntamente a média de todos os ensaios, observou-se não haver interação entre inoculação e local de cultivo do arroz, tampouco a inoculação com os diferentes cultivares (Tabela 2).

Tabela 2 – Rendimento médio de grãos dos cultivares de arroz BRS Bonança e BRS MG Curinga inoculadas com *Herbaspirillum seropedicae* nos Campos Experimentais Confiança (CEC) e Água Boa (CEAB) da Embrapa Roraima.

Tratamentos	CEC ¹		CEAB ¹		Média ²
	Bonança	Curinga	Bonança	Curinga	
Controle	1803 c	1958 b	727 b	696 b	1296 c
90 kg ha ⁻¹ de N	3326 a	3503 a	1810 a	2142 a	2695 a
Inoculado	1907 bc	2141 b	723 b	874 b	1411 c
Inoculado + 20 kg ha ⁻¹ de N	2290 b	2189 b	1089 b	1192 ab	1690 b
CV (%)	31,55	31,01	41,67	45,91	29,77

* Médias seguidas da mesma letra para um mesmo cultivar e local não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

¹- Refere-se a média dos ensaios de 2005 e 2006. ² - Refere-se a média geral entre todos os ensaios.

Rendimento de grãos de Milho

Os resultados obtidos no campo experimental Monte Cristo mostraram que os cultivares de milho BRS 1010 e BRS 4157 responderam de forma diferenciada aos tratamentos (Tabela 3). Constatou-se produtividade de grãos estatisticamente igual entre os cultivares para o tratamento controle e tratamento inoculado e que recebeu 40 kg ha^{-1} de nitrogênio mineral. No geral, enquanto o híbrido BRS 1010 proporcionou rendimento médio de grãos superior a 4200 kg ha^{-1} , a variedade BRS 4157 proporcionou rendimento médio de 3200 kg ha^{-1} .

Especificamente para o cultivar de milho BRS 1010, o tratamento apenas inoculado proporcionou média de produtividade de grãos na ordem de 4200 kg ha⁻¹, sendo significativamente superior ao controle e igual a ambos os tratamentos que receberam nitrogênio na forma de uréia (Tabela 3).

Por outro lado, para o cultivar BRS 4157 não observou-se diferença significativa entre os diferentes tratamentos, não havendo resposta à adubação nitrogenada, tampouco a inoculação (Tabela 3).

Analisando-se os dados dos dois cultivares conjuntamente, em média, a resposta à inoculação foi estatisticamente igual a resposta do tratamento nitrogenado e superior ao controle (Tabela 3).

Entretanto, apesar de ter havido resposta positiva da inoculação no cultivar de milho BRS 1010, não observou-se interação entre adubação nitrogenada (doses de 40 e 80 kg ha⁻¹) e à inoculação, isto porque a variação de produtividade de um tratamento com uma dose de nitrogênio em relação a um tratamento com uma dose maior ocorreu independentemente da presença do inoculante (Figura 1).

Tabela 3 - Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) dos cultivares de milho BRS 1010 e BRS 4157 em experimento inoculado com *Herbaspirillum seropedicae* no Campo Experimental Monte Cristo da Embrapa Roraima.

Tratamentos	BRS 1010			BRS 4157			Média	
Controle	3550	c	A	3114	a	A	3332	b
40 kg ha ⁻¹ de N	4212	ab	A	3171	a	B	3691	ab
80 kg ha ⁻¹ de N	4748	a	A	3215	a	B	3739	ab
Inoculado	4241	ab	A	3351	a	B	3830	a
Inoculado + 40 kg ha ⁻¹ de N	3979	bc	A	3419	a	A	3981	a
Inoculado + 80 kg ha ⁻¹ de N	4642	a	A	3499	a	B	3997	ab
CV (%)	12,84			16,48			14,44	

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, para uma mesma cultivar, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

** Médias seguidas da letra maiúscula, para um mesmo tratamento, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

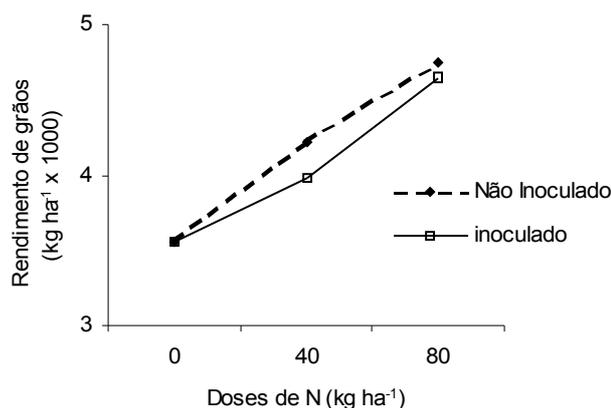


Fig. 1 – Rendimento de grãos (kg ha⁻¹) do cv. de milho BRS 1010 em relação à adubação nitrogenada mineral e adubação nitrogenada mais inoculação das sementes com *Herbaspirillum seropedicae* (ZAE 94) em experimento no Campo Experimental Monte Cristo da Embrapa Roraima.

* não houve diferença significativa entre os tratamentos com as mesmas doses de nitrogênio mineral, teste t a 5% de probabilidade.

2. DISCUSSÃO

Herbaspirillum foi inicialmente isolada de raízes superficialmente desinfestadas de milho, sorgo e arroz (BALDANI et al., 1986) e tem sido sugerida como uma bactéria diazotrófica potencialmente importante como inoculante de gramíneas utilizadas em cultivos comerciais (Baldani et al., 2000; Reis et al., 2005) e, além disso, também apresenta produção de promotores de crescimento vegetal, capazes de estimular o crescimento de gramíneas (Bastian et al., 1998).

Entretanto, nos experimentos conduzidos com arroz em área de mata e cerrado em Roraima não se observou contribuição significativa da inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* (estirpe ZAE94) para aumento do rendimento de grãos (Tabela 2), embora em termos absolutos, o tratamento inoculado, em média, proporcionou produtividade em torno de 10% superior ao controle.

Esta falta de resposta poderia estar associada à baixa produtividade de grãos obtida em área de cerrado, cerca de 1157 kg ha⁻¹, que limitaria o potencial da planta e da própria bactéria. Porém, na área de mata o desenvolvimento da cultura foi satisfatório,

cerca de 2400 kg ha⁻¹ de grãos, que está acima da média regional. Provavelmente, o desempenho inferior da cultura em área de cerrado tenha ocorrido devido às condições limitantes do solo, especialmente no teor de matéria orgânica, cálcio e potássio (Tabela 1).

Ao contrário do observado nos experimentos em Roraima, trabalho conduzido por Guimarães et al. (2003), mostrou que a mesma estirpe de *Herbaspirillum seropedicae* (ZAE94) utilizada em Roraima proporcionou aumento da produção de grãos da variedade Guarani em mais de 50% sob condições de sequeiro, mostrando potencial desta estirpe como inoculante. Entretanto, as respostas de inoculantes de bactérias diazotróficas em arroz são variáveis em avaliações de campo, havendo, por vezes, respostas diferenciadas entre cultivares vegetais que podem variar em mais de 30% (Malarvizhi & Lada, 1999).

No experimento de milho conduzido no CEMC, observou-se que a variedade BRS 4157 não mostrou resposta à inoculação nem à adubação nitrogenada com uréia, mesmo na dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, isto porque não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). Muito embora em termos absolutos houve tendência dos tratamentos nitrogenados e os inoculados proporcionarem rendimentos maiores que o controle.

Este resultado restringiu a avaliação da contribuição da inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* para o rendimento de grãos deste cultivar, mostrando resposta do cultivar à presença do N mineral ou da FBN pouco expressiva.

É importante salientar que, embora o CEMC esteja em uma área de cerrado, o solo apresenta fertilidade e teor de matéria orgânica maiores que a maioria dos solos da região (Tabela 1) e aparentemente suportou a produtividade obtida para o cultivar BRS 4157.

Por outro lado, a avaliação do híbrido BRS 1010 mostrou resposta positiva da inoculação, sendo o rendimento de grãos obtido no tratamento inoculado significativamente igual ao tratamento com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Na média obteve-se produtividade superior a 70 sacas de 60 kg ha⁻¹ de grãos de milho, o

que representa considerável produtividade comparada à média nacional que é de aproximadamente 50 sacas de 60 kg ha⁻¹ (MAPA, 2007).

Trabalho realizado recentemente por Alves (2007) também não obteve resposta da inoculação da variedade BRS 4157 em condições de campo, ao passo que para o cultivar BR 1030 ocorreu aumento de até mais de 30% no rendimento de grão pela inoculação, embora os dados tenham apresentado alta variabilidade.

De fato, as razões para a variabilidade de resposta da FBN em gramíneas ainda não foram completamente elucidadas. Tem sido sugerido que a interação genótipo da planta e ambiente exerçam um papel decisivo sobre a eficiência do diazotrófico (Gyaneshwar et al., 2002).

Além disso, o fato da bactéria apenas estar associada livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, a torna vulnerável ao ambiente (Malarvizhi & Lada, 1999; Gyaneshwar et al., 2002). Outra possibilidade ainda, é que os baixos teores de N fixados por bactérias associativas ou endofíticas sejam o resultado de uma limitação de fontes de carbono e energia à bactéria, na raiz ou interior dos tecidos (Egener et al., 1999; Van Nieuwenhove et al., 2001).

Quanto ao cultivar BRS 1010 também observou-se, não haver interação entre os fatores inoculação e adubação nitrogenada (Figura 1) mostrando que a aplicação de N mineral mais a inoculação das sementes não trouxe benefícios as plantas de milho.

A falta de sinergismo entre adubação nitrogenada mineral e inoculação com bactérias diazotróficas é relativamente bem conhecido e ocorre, pois a disponibilidade de nitrogênio no solo inibe, de forma indireta, o estabelecimento da FBN, isto porque metabolicamente é menos dispendioso para a planta utilizar o nitrogênio que está prontamente disponível no solo, ao invés de estabelecer uma associação ou simbiose com bactérias diazotróficas (Gyaneshwar et al., 2002).

3. CONCLUSÕES

1 – Não houve incremento de produtividade de grãos dos cultivares de arroz BRS Bonança e BRS MG Curinga à inoculação com a estirpe ZAE94 de *Herbaspirillum seropedicae* tanto em área de cerrado como mata;

15 Contribuição da Bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o Rendimento de Grãos de Arroz e Milho em Roraima

2 – A inoculação com a estirpe ZAE94 de *Herbaspirillum seropedicae* contribui significativamente para o aumento do rendimento de grãos no híbrido de milho BRS 1010, ao passo que na variedade BRS 4157 este efeito não foi observado;

3 – No caso da cultura do milho, a resposta positiva a inoculação mostrou-se dependente do cultivar utilizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. C. Efeito da inoculação de bactérias dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na cultura do milho. 2007. 63p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

BALDANI, V. L. D. **Efeito da inoculação de *Herbaspirillum* spp. no processo de colonização e infecção de plantas de arroz e ocorrência e caracterização parcial de uma nova bactéria diazotrófica.** 1996. 238p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

BALDANI J. I.; BALDANI V. L. D.; SELDIN L.; DÖBEREINER J. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root associated nitrogen fixing bacterium. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.154, p.86–93, 1986.

BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J. Inoculation of rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia* spp. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.485-491, 2000.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.77, p.549-579, 2005.

BASTIAN F, COHEN A, PICCOLI P, LUNA V, BARALDI R, BOTTINI R. Production of indole-3-acetic acid and gibberelins GA1 and GA3 by *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum seropedicae* in chemically defined culture media. **Plant Growth Regulation**, v.24, p.7–11, 1998.

16 Contribuição da Bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o Rendimento de Grãos de Arroz e Milho em Roraima

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.284-297, 2002.

EGENER T.; HUREK T.; REINHOLD-HUREK, B. Endophytic expression of *nif* genes of *Azoarcus* sp. strain BH72 in rice roots. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v.12, p.813-819, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 211p.

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

GYANESHWAR, P.; JAMES, E. K. REDDY, P. M.; LADHA, J. *Herbaspirillum* colonization increases growth and nitrogen accumulation in aluminium-tolerant rice varieties. **New Phytologist**, v.154, p.131-145, 2002.

MALARVIZHI, P.; LADHA, J. K. Influence of available nitrogen and rice genotype on associative nitrogen fixation. **Soil Science Society of America Journal**, v.63, p.93-99, 1999.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). www.agricultura.br. Acesso em 28/08/2007, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

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

REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Ecologia, isolamento e identificação de bactérias diazotróficas. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. *Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, p. 257-279, 2005.

17 Contribuição da Bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* para o Rendimento de Grãos de Arroz e Milho em Roraima

SUMNER, M. E. Crop responses to *Azospirillum* inoculation. **Advances in Soil Sciences**, v.12, p.54-123, 1990.

VAN DOMMELEN, A.; KEIJERS, V.; VANDERLEYDEN, J.; DE ZAMAROCZY, M. (Methyl)ammonium transport in the nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense*. **Journal of Bacteriology**, v.180, p.2652-2659, 1998.

VAN NIEUWENHOVE, C.; MERCKX, R.; VAN HOLM, L.; VLASSAK, K. Dinitrogen fixation activity of *Azorhizobium caulinodans* in the rice (*Oryza sativa* L.) rhizosphere assessed by nitrogen balance and nitrogen-15 dilution methods. **Biology and Fertility of Soils**, v.33, p.25–32, 2001.

YOUNG, J. M. Correction to the authority of *Rhizobium leguminosarum*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.49, p.1943, 1999.

Embrapa

Roraima

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO

