

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS SÃO LUÍS DE MONTES BELOS, GO
PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL
MESTRADO PROFISSIONAL

MURIENNE PAULA CABRAL NUNES

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS
INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS**

São Luís de Montes Belos

2019

MURIENNE PAULA CABRAL NUNES

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS
INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás Campus São Luís de Montes Belos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável.

Linha de Pesquisa: Produção Vegetal
Orientadora: Profa. Dra. Alliny das Graças Amaral

São Luís de Montes Belos
2019

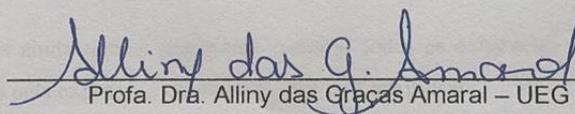
MURIENNE PAULA CABRAL NUNES

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS INOCULADAS COM
BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS**

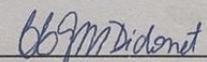
Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Goiás - Câmpus São Luís de
Montes Belos, para a obtenção do título de
Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável.

Aprovado em: 05 de dezembro de 2019

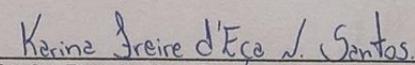
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Alliny das Graças Amaral – UEG



Profa. Dra. Cláudia Cristina Garcia Martin Didonet – UEG



Profa. Dra. Karina Freire d'Eça Nogueira Santos – UEG

Aos meus pais **Maurizio Cabral Nunes** e **Maria Tereza do Nascimento Nunes**, aos meus irmãos **Marcia Paula C. Nunes**, **Milanna Paula C. Nunes**, **Eurípedes Gonçalves V. Neto**, ao meu cunhado **Cristiano Miranda Tavares**, e em especial a minha avó **Antônia Bernadina do Nascimento**, por serem minha base familiar, minha fonte de amor, confiança, educação e apoio na busca dos meus ideais.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me sustentar, me dar saúde, força, sabedoria e persistência para superar as dificuldades e por me permitir alcançar mais um objetivo.

A Universidade Estadual de Goiás - UEG, por me acolher e permitir galgar mais um degrau, conferindo-me o título de Mestre. Aos docentes, discentes e demais funcionários dos Campus de São Luís de Montes Belos e Anápolis, por me atenderem sempre que solicitados.

Ao laboratório de Bioquímica de Microrganismos da Universidade Estadual de Goiás - Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, em nome da professora Dra. Claudia Cristina Garcia Martin Didonet.

A Professora Dra. Alliny das Graças Amaral, pela orientação na condução deste trabalho e ainda por possibilitar que o outrora sonhado, tornasse uma realidade.

A todos meus familiares, que me ajudaram sempre que precisei durante toda minha vida, sobretudo, nestes anos de mestrado. Em especial a minha irmã Milanna Paula Cabral Nunes que foi indispensável na realização deste estudo.

E a todos que direta ou indiretamente me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

OBRIGADA.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito da inoculação de plântulas por bactérias diazotróficas na massa de parte aérea seca (MPAS), massa de raiz fresca (MRF), massa de raiz seca (MRS) e raiz secundária (RS) de capim <i>Brachiaria brizantha</i> BRS Piatã.....	35
Tabela 2. Efeito da inoculação de plântulas por bactérias diazotróficas para massa de parte aérea seca (MPAS); massa de raiz seca (MRS), comprimento de raiz (cm) e raízes secundárias (RS) em <i>Panicum maximum</i> BRS Quênia e <i>Panicum maximum</i> BRS Zuri.....	36

RESUMO

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo é crescente o interesse por novas alternativas que potencializem a produtividade das gramíneas, como por exemplo, a utilização de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da inoculação das estirpes *Azospirillum brasilense* (ABV5 e HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) no desenvolvimento inicial das gramíneas forrageiras *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri; *Panicum maximum* BRS Quênia. Para *B. brizantha* foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo 6 tratamento, cinco bactérias e o controle, com três repetições. Para o gênero *Panicum* foi utilizado DIC em esquema fatorial 6x2, sendo cinco bactérias mais o controle x duas variedades de *Panicum*, com três repetições. Os parâmetros avaliados foram: comprimento de raiz (cm); comprimento de parte aérea (cm); raiz secundária (unid); massa da raiz fresca (mg); massa da raiz seca (mg); massa da parte aérea fresca (mg) e massa da parte aérea seca (mg). As bactérias que apresentaram melhores resultados para *B. brizantha* BRS Piatã foram *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59), já para as variedades de *Panicum* não foi significativo para a interação, bem como para as bactérias, somente para o fator cultivares. A cultivar *Panicum maximum* BRS Zuri apresentou melhores resultados para as variáveis analisadas, sendo superior a *Panicum maximum* BRS Quênia. Como lacuna teórica, a condução de mais experimentos em condições de campo devem ser realizados.

Palavras-Chave: *Brachiaria*; Fixação Biológica de Nitrogênio; *Panicum*.

ABSTRACT

Meat production in the country is based on grazing cattle feed and for this reason there is growing or interest in new alternatives that enhance grammar grammar, such as the use of inoculants that use growth-promoting bacteria. The present work aims to evaluate the influence of inoculation of *Azospirillum brasilense* strains (ABV5 and HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) and *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) in the early development of forage grasses *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri; *Panicum maximum* BRS Kenya. For *B. brizantha* a completely randomized design (DIC) was used, being 6 treatment, five bacteria and the control, with three replications. For the *Panicum* genus, IHD was used in a 6x2 factorial scheme, with five bacteria plus control x two varieties of *Panicum*, with three replications. The evaluated parameters were: root length (cm); shoot length (cm); secondary root (unit); fresh root mass (mg); dry root mass (mg); fresh shoot mass (mg) and dry shoot mass (mg). The bacteria that presented the best results for *B. brizantha* BRS Piatã were *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) and *Azospirillum lipoferum* (Sp59), for *Panicum* varieties it was not significant for interaction, as well as for bacteria, only for the cultivars factor. The cultivar *Panicum maximum* BRS Zuri presented better results for the analyzed variables, being superior to *Panicum maximum* BRS Kenya. As a theoretical gap, further experiments under field conditions should be conducted.

Keywords: *Brachiaria*; Biological Nitrogen Fixation; *Panicum*.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 Contexto Atual das Pastagens	10
2.2 Gramíneas	12
2.2.1 <i>Brachiaria brizantha</i>	12
2.2.2 <i>Panicum maximum</i>	14
2.3 Interação Planta Bactéria	14
2.4 Inoculantes no Brasil	15
2.4.1 <i>Azospirillum</i>	17
2.4.2 <i>Herbaspirillum seropedicae</i>	18
2.5 Germinação	19
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1	28
Resumo	28
Abstract	28
Introdução	29
Material e Métodos	30
Análise estatística	32
Resultados e Discussão	33
Conclusões	37
Referências	37

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo, tem aumentado o interesse por novas alternativas que potencializem a produtividade das gramíneas, como por exemplo, a utilização de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento. Os altos custos dos fertilizantes agrícolas e estimulados por uma demanda crescente da conscientização de uma agricultura sustentável são as principais razões pela busca de alternativas viáveis, mais sustentáveis e ecológicas, com menor emissão de poluentes no meio ambiente (DIAS FILHO, 2014; GUIMARÃES et al., 2011; HUNGRIA, 2011, RAMAKRISHNA et al., 2019).

A alimentação dos bovinos ocupa áreas extensas e em sua grande maioria é à base de gramíneas tropicais, dentre elas os gêneros que mais se destacam são *Brachiaria*, graças a sua adaptação a diferentes condições endofoclimáticas, e gramíneas do gênero *Panicum*, sendo responsáveis pelo desenvolvimento da pecuária no país (GUIMARÃES et al., 2011; PACIULLO e GOMIDE, 2016). O sistema produtivo tradicional dispõe da utilização de grandes volumes de fertilizantes químicos para obtenção de produtividades altas, segundo Villela (2018) a utilização de bactérias e interação com adubação nitrogenada, viabiliza novos caminhos para redução de custos, incremento de produtividade e melhoria na qualidade.

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) caracterizam-se por serem microrganismos capazes de proporcionar a colonização da superfície das raízes e por consequência estimular o crescimento vegetal. Existem inúmeros mecanismos responsáveis pela estimulação do crescimento vegetal por meio da inoculação das BPCV, e uma das maneiras observadas é através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (HUNGRIA, 2011; HUNGRIA, et al., 2016) que permite ganhos de produtividade e redução da utilização de insumos de alto custo (URQUIAGA et al., 2012).

As BPC proporcionam modificações nas culturas, tais como relacionado à produção de hormônios que por sua vez auxiliam na morfologia radicular, facilitando maior exploração no perfil do solo (PARREIRA et al., 2015). As bactérias que habitam o solo são frequentemente isoladas para inoculação, e os gêneros mais

utilizados são *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Rhizobium*. Além de auxiliar nos processos de germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento das plantas é possível observar influência no controle biológico de microrganismos patogênicos (ARAÚJO et al., 2012).

As interações entre bactérias e plantas são amplamente estudadas visando determinar quais estirpes são viáveis para utilização em gramíneas do ponto de vista econômico, social e ambiental (FERREIRA et al., 2014). Mediante o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da inoculação das estirpes *Azospirillum brasilense* (ABV5 e HM053); *Azospirillum* sp. (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) no desenvolvimento inicial das gramíneas forrageiras *Brachiaria brizantha*, BRS Piatã *Panicum maximum* BRS Zuri e *Panicum maximum* BRS Quênia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Contexto Atual das Pastagens

Segundo Moreira et al. (2014) o potencial produtivo do Brasil em relação a agropecuária é enorme, são imensas áreas plantadas com pastagens sejam elas cultivadas ou naturais. De acordo com IBGE (2016) cerca de 87% dos bovinos abatidos no país são terminados em sistema de criação a pasto, deste modo, é extremamente importante que seja aplicado o manejo correto das gramíneas visando obter uma produção estável durante todo o ano.

A dieta alimentar dos ruminantes brasileiros é predominante a pasto por ser a fonte de alimentação com menor custo para os produtores rurais. Mas para que a produção seja satisfatória alguns requisitos devem ser avaliados, adaptando os métodos disponíveis as suas necessidades (SKONIESKI et al., 2011).

Apesar da quantidade de bovinos produzidos no Brasil ser alta, os níveis produtivos encontrados são baixos. São grandes as áreas utilizadas enquanto que os resultados econômicos ficam aquém do potencial produtivo (CASTAGNARA et al., 2011). Pois muitas áreas no país ainda não são administradas de forma responsável, racional e eficiente (STRASSBURG et al., 2014). Segundo Inácio et al. (2017) utilizar pastagens de forma sustentável, é necessário otimizar o uso das

terras, evitando degradação dos solos, otimizando a eficiência alimentar dos animais, proporcionando sustentabilidade econômica e ambiental.

De acordo com a FAO (2015) estima-se que 33% dos solos do mundo estejam em processo de degradação e segundo Macedo et al. (2014) 50% das pastagens brasileiras estão degradadas ou em processo de degradação, deste total o maior percentual de gramíneas é composto pelo gênero *Brachiaria*. Apesar de as gramíneas deste gênero apresentarem características de resistência às condições adversas de clima e solo, a falta de reposição de nutrientes ao longo do tempo juntamente com a superlotação das pastagens prejudica a qualidade e a quantidade da forragem produzida (MACEDO, 2009).

De acordo com Dias Filho (2011) o sistema de criação de bovinos quando implantado de forma extensiva tem seu potencial produtivo reduzido, tendo em vista que, a manutenção nestes casos geralmente é negligenciada e o aumento de produção se dá por meio de abertura de novas áreas. A incorporação de novas áreas em muitos casos é feita a partir de florestas primárias, ou seja, por meio de desmatamento o que prejudica o desenvolvimento sustentável.

Devido a pressões ambientais, os produtores tendem a procurar novas alternativas de produção a fim de atenderem à necessidade de redução do desmatamento. As técnicas produtivas, por outro lado, devem evoluir visando aumentar a capacidade de suporte das pastagens, aliando alta produtividade em menor área e durante mais tempo (DIAS FILHO, 2011). Neste sentido, um sistema de produção eficiente e adequado é aquele que atenda as premissas básicas do ponto nutricional, ambiental, energético, social e econômico (SILVA e PETRY, 2018).

Várias são as alternativas que obedecem às premissas da agropecuária sustentável, e como opção rentável pode-se utilizar a inoculação de gramíneas com bactérias promotoras de crescimento. A utilização de BPC aumenta a área foliar, potencializa o incremento de nitrogênio, auxilia no crescimento radicular resultando em ganhos de produtividade (HUNGRIA, 2011; MOREIRA et al., 2014; HUNGRIA, et al., 2016).

O pecuarista produz pastagem como fonte de alimento animal, o animal por sua vez é a fonte de renda e o produto comercializado. Se a produção de forragem é feita de forma eficiente, por consequência o retorno pela venda do animal será maior e em menor tempo. Considerando o contexto atual, onde os custos relacionados aos

insumos são altos principalmente relacionados aos adubos, quanto maior for o ganho de peso animal com menor investimento maior será o retorno econômico obtido nesta atividade (SANTOS, 2010).

2.2 Gramíneas

Inúmeras são as gramíneas disponíveis para implantação de áreas de pastagens. A escolha da gramínea correta deverá ser definida conforme o potencial produtivo e capacidade de adaptação ao clima e solo da região (ZIMMER et al., 2012).

As gramíneas forrageiras de maior expressão no país são dos gêneros: *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon* (MACEDO, 2009). Desta maneira as espécies mais utilizadas são: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* (KARAM et al., 2009).

Segundo Moreira et al. (2014) os gêneros *Panicum* e *Brachiaria* correspondem a cerca de 70 a 80% de toda área cultivada com pastagem para pecuária. O bom estabelecimento da pastagem leva em consideração vários fatores, entre eles a qualidade da semente (capacidade germinativa, pureza), bem como a capacidade de associação das plantas com os microrganismos do solo.

Gramíneas africanas (*Panicum* e *Brachiaria*) se adaptam bem ao clima do Cerrado, pois além de encontrarem nessa região condições semelhantes ao local de origem, passaram por um processo de melhoramento genético visando desenvolver novas cultivares resistentes a pragas e doenças presentes neste bioma (DO VALE et al., 2009).

As gramíneas forrageiras encontram dois fatores que reduzem a expressão da capacidade produtiva, são eles: fertilidade de solo e clima. Cultivares de *Panicum maximum* são exigentes em fertilidade de solo e se desenvolvem bem em solo corrigidos, entretanto, espécies não adaptadas ao clima encontram problemas de estabelecimento por ser um fator que dificilmente é controlado (ZIMMER et al., 2012).

2.2.1 *Brachiaria brizantha*

As espécies do gênero *Brachiaria* são tolerantes a condições edafoclimáticas (MARTUSCELLO et al., 2009), sendo uma ótima opção para o Cerrado brasileiro. No entanto, por mais que possuam essa característica de tolerância ainda sofrem com o manejo inadequado da fertilidade do solo. A falta de reposição de nutrientes no solo acarreta na degradação das pastagens diminuindo a área produtiva (BENÍCIO, 2012).

O crescimento, desenvolvimento e estabelecimento das gramíneas são condicionados ao fornecimento de nutrientes. O nitrogênio (N) é um nutriente limitante ao bom desenvolvimento das gramíneas. Entretanto, os custos de aplicação desse nutriente são altíssimos e parte do nutriente aplicado é perdido para o ambiente (GUIMARÃES et al., 2011).

Uma alternativa para o fornecimento de N com redução dos custos e aumento da eficácia é através da FBN que consiste na capacidade das plantas de associarem a microrganismos do solo para aproveitamento do N atmosférico. As gramíneas tem a capacidade de associarem as bactérias diazotróficas beneficiando-se da FBN e apresentando níveis produtivos satisfatórios (FERNANDES, 2016).

As pastagens formadas por *Brachiaria brizantha* apesar de apresentarem boa adaptação aos ambientes brasileiros em 1994 apresentaram a síndrome da morte do capim marandu, o que potencializou os estudos e o desenvolvimento de novas cultivares (EUCLIDES et al., 2009).

Foram desenvolvidos inúmeras cultivares da espécie *Brachiaria brizantha* devido sua ampla utilização, uma das cultivares desenvolvidas que garante boa adaptação aos solos do Cerrado é a cultivar BRS Piatã. Segundo VALLE et al., (2010) esta cultivar apresenta boa produção de massa seca, inclusive no período crítico de escassez de chuva. Bonelli et al. (2011) destacam que a produtividade do capim Piatã não é influenciada pela compactação do solo, evidenciando, portanto, a boa adaptação a ambientes degradados.

De acordo com Luna et al. (2014) a cultivar BRS Piatã apresentou taxa de crescimento foliar igual durante o período de seca e chuva, enquanto que as cultivares do gênero *Panicum* e *Cenchrus* apresentaram maiores taxas no período chuvoso, evidenciando desta forma, a estabilidade de produção durante o ano do capim Piatã.

Corroborando com estes resultados, De Gaspari Pezzopane et al. (2015) observaram que entre as cultivares Marandu, Xaraés, Piatã e Paiguás a cultivar BRS

Piatã apresentou a melhor resposta em alongamento foliar sob estresse hídrico. Todos os genótipos analisados exibiram redução do alongamento foliar, sendo a menor redução apresentada pela BRS Piatã.

2.2.2 *Panicum maximum*

O *Panicum maximum* é uma das espécies de capim mais comercializadas no país em virtude da alta produtividade e boa adaptação aos solos tropicais (GOMES et al., 2011). Apesar da ampla utilização do gênero *Panicum*, ainda é necessário o desenvolvimento de novas cultivares visando manter os altos níveis de produção animal. O cultivo de apenas uma espécie de gramínea na área pode causar resistência de pragas e doenças, deste modo, o melhoramento genético desenvolve cultivares que atendam as demandas produtivas (JANK et al., 2017a).

O *Panicum maximum* BRS Zuri é uma cultivar desenvolvida pela EMBRAPA e representa o quarto lançamento da espécie realizado em 2014. A cultivar Zuri caracteriza-se por ser de rápida rebrota e manejo mais fácil que as cultivares Tanzânia e Mombaça, além de alta produtividade e teor proteico. Relacionado à resistência de pragas e doenças essa cultivar apresenta resistência ao fungo *Bipolaris maydis* que acomete outras cultivares (JANK et al., 2017a).

O híbrido *Panicum maximum* BRS Quênia foi lançado em 2017 e segundo Jank et al. (2017a) é a cultivar que apresenta manejo mais fácil entre as forrageiras de porte médio a alto. O ganho de peso por animal e por área da cultivar BRS Quênia é maior que a apresentada pelo Mombaça de acordo com resultados do experimento realizado nos Cerrados pela EMBRAPA (JANK et al., 2017b).

2.3 Interação Planta Bactéria

A inoculação de sementes e plântulas tem a função de potencializar o crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras. Buscando reduzir os efeitos adversos do meio ambiente sobre o desenvolvimento das culturas, sendo assim, pode-se utilizar as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), que são microrganismos que vivem em associação simbiótica com as plantas (GONÇALVES et al., 2012).

Os mecanismos que as BPCV estimulam o crescimento das plantas pode ocorrer de forma direta ou indireta (VESSEY, 2003 ; GLICK, 2012 ; OLANREWAJU et al., 2017). Na promoção de crescimento de forma direta elas atuam fornecendo a planta compostos que facilitam a absorção de nutrientes, fixam azoto atmosférico, solubilizam fosfato, produzem substâncias que sequestram e solubilizam ferro, sintetizam hormônios, incluindo giberelinas, citocininas e auxinas, que melhoram em vários estágios o crescimento das plantas, além de sintetizarem enzimas que modulam o crescimento e desenvolvimento das plantas (LUCY et al., 2004 ; GRAY e SMITH, 2005 ; GLICK, 2012 ; ETESAMI e MAHESHAWARI, 2018).

Já os efeitos na promoção de crescimento de forma indireta as BPCV podem reduzir a provocar a indução de resistência sistêmica nos vegetais e consequentemente reduzir a infestação de patógenos, além de diminuir a quantidade das comunidades microbianas fitotóxicas (KLOEPPER, 1993 ; NIRANJAN et al., 2006 ; VAN LOON, 2007 ; ETESAMI e MAHESHAWARI, 2018)

A associação entre plantas e bactérias pode ser feita através da inoculação das sementes e/ou plântulas vegetais. Segundo a Lei nº 6.894 de 1980, inoculante é toda substância que contenha microrganismos capazes de influenciar de maneira positiva no desenvolvimento vegetal (BRASIL, 1980).

2.4 Inoculantes no Brasil

Segundo Hungria (2011) as BPC são um grupo de microrganismos capazes de colonizar a superfície radicular e os tecidos internos das plantas. A combinação de diversos mecanismos que são estimulados por essas bactérias beneficiam o crescimento vegetal (HUNGRIA, et al., 2016).

As BPC potencializam a fixação de N além de aumentar a absorção radicular, melhoram os parâmetros fotossintéticos entre outros benefícios. A inoculação das plantas facilita a sobrevivência em situações adversas e potencializa o desenvolvimento e produtividade vegetal (GONÇALVES et al., 2012).

Segundo Araújo et al. (2010) inúmeras bactérias diazotróficas têm sido isoladas das plantas de arroz para avaliação da influência destes microrganismos na promoção do crescimento da gramínea e no controle de microrganismos patógenos, sendo as estirpes de *Herbaspirillum* e *Azospirillum* sp. tem a capacidade de inibir o crescimento de fungo patogênico *Fusarium* sp. “*in vitro*”.

Araújo et al. (2010) destacaram ainda que as estirpes AR3122, AR1122, BF1358, ZAE94, AR2122, CD e BR2113 inoculadas em semente de arroz apresentaram resultado satisfatório no teste de classificação de plântulas normais fortes. As sementes inoculadas apresentaram maior crescimento e desenvolvimento dos coleótilos e raiz e ausência de contaminação por fungos.

Segundo Barassi et al., (2008) a inoculação de *Azospirillum brasilense* em vegetais melhora os parâmetros fotossintéticos, ou seja, potencializa os teores de clorofila e condutância estomática, bem como o potencial hídrico. As plantas inoculadas com BPC apresentaram maior facilidade de aproveitamento de água resultante da eficiência fotossintética, e por esse motivo também exibiram maior altura de plantas e produção de biomassa (MILLÉO e CRISTÓFOLI, 2016).

Okon e Vanderleyden (1997) apresentam diversos estudos sobre ganhos vegetais relacionados à inoculação de BPCV, sendo produto de anos a conclusão de que, a inoculação de plantas com bactérias do gênero *Azospirillum* resultava em melhoria da FBN. Neste processo, o sistema radicular é modificado devido à inoculação aumentando o número de radículas e o diâmetro médio das raízes secundárias.

A associação entre bactérias e plantas propicia benefícios não só relacionados à fixação e absorção de nutrientes, mas também se observa ganhos no crescimento vegetal devido à produção de hormônios. A contribuição de N fixado pelas gramíneas em associação com as bactérias diazotróficas corresponde a cerca de 17% das demandas da cultura. Considerando culturas que demandam grandes quantidades de N o fornecimento desse nutriente via microrganismos reduz consideravelmente os custos relacionados à adubação química potencializando desta forma o lucro (MOREIRA et al., 2010).

Segundo Schultz et al., (2012) a resposta da associação entre plantas e bactérias é dependente do genótipo vegetal utilizado. No trabalho desenvolvido através da inoculação de genótipos de cana de açúcar (cana planta) e bactérias diazotróficas, os autores observaram que o genótipo da variedade RB867515 demonstrou melhor produtividade se comparado com o controle. No entanto, o genótipo da variedade RB72454 apresentou respostas inferiores ao controle.

Novakowiski et al. (2011) e De Quadros et al. (2015) avaliaram o desempenho de inoculação em milho e obtiveram resultados semelhantes, em que, houve o aumento do rendimento de matéria seca e maior produtividade. Os tratamentos

inoculados foram significativamente superiores ao tratamento controle, ao qual, não foi inoculado. Piccinin et al. (2013) concluiu que plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense* tem a capacidade de aumentar a produtividade especialmente com fornecimento de N limitado.

2.4.1 *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum* corresponde a um grupo de BPC de vida livre comumente encontradas no globo terrestre. Atualmente existem 14 espécies descritas dentro do gênero *Azospirillum*, e essas bactérias ganharam destaque a partir da década de 70, quando os pesquisadores descobriram a capacidade de fixação biológica de nitrogênio desses microrganismos (HUNGRIA, 2011, HUNGRIA, et al., 2016).

Segundo Moreira et al. (2013) existem espécies do gênero *Azospirillum* que são mais estudadas em associações com gramíneas forrageiras, são elas: *A. lipoferum*; *A. halopraeferens*; *A. irekense*; *A. largomorbilis*; *A. brasiliense*.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos a fim de analisar a eficiência de inoculação de sementes de gramíneas com bactérias promotoras de crescimento. Neste sentido Gonçalves et al. (2012) avaliaram a influência da inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* em situações de estresse hídrico. As plantas inoculadas com as bactérias demonstraram recuperação mais rápida, quando submetidas a estresse hídrico, do que as que não foram inoculadas. Rozier et al. (2019) sugere que a inoculação de *A. lipoferum* induzem um acelerado crescimento e emergência das radículas, quando ocorre a rápida ação bacteriana, ou desenvolvimento e melhoria nas defesas das mudas, em resposta ao atraso da detecção bacteriana.

Na literatura as BPCV em específico o gênero *Azospirillum* estimulam o crescimento radicular das plantas através da produção de fitohormônios. Este fato favorece a absorção de nutrientes e água em profundidade no solo, tendo como resultado plantas com maior vigor e resistência a intempéries climáticas (HUNGRIA, 2011), além de de ter uma grande versatilidade nos metabólitos produzidos, sendo importante para a adaptação e distribuição dessas bactérias em ambientes desfavoráveis (SIGIDA et al., 2019). Segundo Roberto et al. (2010) são inúmeros os benefícios apresentados pelas plantas após a inoculação com *Azospirillum*, entre

eles estão a melhoria da capacidade fotossintética, maior potencial hídrico, maior produção de biomassa e altura de plantas.

Sementes de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* apresentaram aumento nas médias de índice de clorofila foliar, altura das plantas, altura de inserção das espigas, diâmetro de colmo, massa seca foliar, volume de raiz, teores de N, P, K, em relação as plantas que não foram inoculadas (KAPPES et al., 2013; BRITO, 2019). Na cultura do arroz nota-se efeitos positivos na inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Azospirillum lipoferum* demonstraram aumento de crescimento da parte aérea e raízes. Além do aumento no número de raízes secundárias e ramificações (DIDONET et al., 2003).

Já para inoculação em campim Marandu, nota-se que a produção de forragem quando inoculada com *Azospirillum* apresenta maior produção de forragem (OLIVEIRA et al., 2007), sendo uma excelente alternativa para recuperação de pastagens degradadas (HUNGRIA et al., 2016). Em resposta a inoculação das estirpes ABV5 e ABV6 de *Azospirillum brasilense* em *Panicum maximum*, ocorreu um aumento nas taxas de alongamento de folhas e redução na taxa de senescência de perfilhos (ANDRADE et al., 2019). De acordo com Lima (2018) o capim Zuri ao ser inoculado com a combinação de *A. Brasilense* com outras BPCV promoveram incrementos na produtividade de massa seca, índice de clorofila e acúmulo de de minerais.

2.4.2 *Herbaspirillum seropedicae*

Segundo Dartora et al. (2013) as bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Herbaspirillum* são consideradas microrganismos diazotrofos endofíticos obrigatórios que diferentemente do gênero *Azospirillum* só sobrevivem no interior das raízes, com baixa sobrevivência no solo.

Dotto et al. (2010) não observaram respostas significativas para inoculação de sementes de milho com *Herbaspirillum seropedicae* nas variáveis analisadas de diâmetro de colmo, altura de inserção da espiga, massa de espiga, massa de sabugo e comprimento de espiga. No entanto, a ausência de respostas pode ser relacionada à utilização de linhagens de plantas inadequadas, já que a planta é o fator chave para a FBN.

A inoculação de plantas de arroz com *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) para os parâmetros massa seca de parte aérea e produção de grãos demonstraram respostas semelhantes. As plantas inoculadas sem a aplicação de N demonstraram respostas significativamente iguais ao controle sem inoculação e com aplicação de N. Deste modo, pode-se inferir que a utilização de BPCV pode fornecer N as plantas dependendo da cultivar utilizada (FERREIRA et al., 2011).

Para Neiverth et al. (2014) a utilização de *H. seropedicae* pode ser uma alternativa para substituir o uso de fertilizantes nitrogenados, reduzindo custo na produção. Ao avaliar a inoculação em sementes de milho com *Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense* apresentaram aumento no diâmetro basal do colmo, incremento de 15% em relação ao controle, o que pode se justificado pela capacidade de promoção de crescimento vegetal pelas bactérias. Apesar de não haver diferença estatística significativa, no que tange a matéria seca, as plantas inoculadas apresentaram 12% a mais do que o controle (DARTORA et al., 2013).

2.5 Germinação

A utilização de tecnologias venham a melhorar a germinação e crescimento de sementes torna-se indispensável, principalmente quando se tem condições desfavoráveis (PINTO et al., 2017). Sendo assim, uma possibilidade para a aquisição de plântulas com desempenhos superiores, é a utilização de sementes inoculadas com bactérias diazotróficas (PEREIRA et al., 2017). A aptidão deste microrganismos em proporcionar o crescimento de plantas, envolve diversos mecanismos, sendo eles, conversão enzimática do nitrogênio gasoso em amônia e a produção de fitohormônios (BERGAMASCHI et al., 2007).

Os fitohormônios que podem afetar o percentual germinativo e marcha de divisão celular são as auxinas, giberelinas e citocininas. Em concentrações adequadas podem estimular a germinação, o comprimento e quantidade de pêlos radiculares, bem como o surgimento de raízes secundárias e aumento da área em que as raízes ocupam (DIDONET et al., 1996; GITTI et al., 2012; RAMPIM et al., 2012; DOURADO NETO et al., 2014; RODRIGUES et al., 2015).

Sementes de milho após inoculação com estirpes de *A. brasilense* apresentar resultados satisfatórios na produção de massa seca da raiz de plântulas, se comparadas com o tratamento sem inoculação (GALEANO et al., 2019). Sendo

assim, a possibilidade do aumento de raízes se dar pela ação de fitohormônios, torna-se mais evidente. De acordo com Hartmann et al. (2018) as auxinas são regulares vegetais que agem com maior frequência na promoção do enraizamento, principalmente no que tange ao início dos primórdios radicais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.A.; PORTO, M.O.; CAVALI, J.; FERREIRA, E.; BERGAMIN, A.C.; SOUZA, F.R.; AGUIAR, I.S. *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.146-154, 2019.

ARAÚJO, A. D. S., ROSSETTO, C. A. V., BALDANI, V. L. D., BALDANI, J. I. Germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas. **Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

ARAUJO, F. F.; GUABERTO, L. M.; DA SILVA, I. F. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 521-527, 2012.

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, P.49-59, 2008.

BENÍCIO, L. P. F. Rejeitos de rochas fosfáticas no desenvolvimento e no teor de nutrientes em *Brachiaria brizantha*. 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2012.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p.727-733, 2007.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1980.

BRITO, T.S. **Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2019.

BONELLI, E. A., BONFIM-SILVA, E. M., CABRAL, C. E., CAMPOS, J. J., SCARAMUZZA, W. L., POLIZEL, A. C. Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 3, 2011.

CASTAGNARA, D. D., ZOZ, T., KRUTZMANN, A., UHLEIN, A., MESQUITA, E. E., NERES, M. A., RABELLO DE OLIVEIRA, P. S. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 1637-1647, 2011.

DARTORA, J., GUIMARÃES, V. F., MARINI, D., & SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 10, 2013.

DE GASPARI PEZZOPANE, C., SANTOS, P. M., DA CRUZ, P. G., ALTOÉ, J., RIBEIRO, F. A., DO VALLE, C. B. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, 2015.

DE QUADROS, P. D., ROESCH, L. F. W., DA SILVA, P. R. F., VIEIRA, V. M., ROEHRS, D. D., DE OLIVEIRA CAMARGO, F. A. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Ceres**, v. 61, n. 2, 2015.

DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, n. Suplemento Especial, 2011.

DIAS FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

DIDONET, D. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p.645-651, 1996.

DIDONET, A. D.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.; GOMES, G. F. Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp245. **Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2003.

DOTTO, A. P., LANA, M. D. C., STEINER, F., FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010.

DO VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p.371-379, 2014.

EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M., DO VALLE, C. B., BARBOSA, R. A., GONÇALVES, W. V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1805-1812, 2009.

ETESAMI, H.; MAHESHWARI, D.K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with múltipla plant growth promotig traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. **Ecotoxicol. Environ. Sai.**, v.156, n.1, p.225-246, 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Status of the World's Soil Resources: Main Report**. FAO: Rome, 2015. 650 p.

FERNANDES, J. S. *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na *Brachiaria decumbens*. 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2016.

FERREIRA, J., GUIMARÃES, S. L., BALDANI, V. Produção de grãos de arroz em função da inoculação com *Herbaspirillum seropedicae*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 826-833, 2011.

FERREIRA, E. P. D. B., KNUPP, A. M., DIDONET, C. C. G. M. Crescimento de cultivares de arroz (*Oriza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 655-665, 2014.

GALEANO, R.M.S.; CAMPELO, A.P.S.; MARCKERT, A.; BRASIL, M.S. Desenvolvimento inicial e quantificação de proteínas do milho após inoculação com novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.6, n.2, p.95-99, 2019.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *A. brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p.509-517, 2012.

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and Applications. **Scientifica**, v.1, n.1, p.1-15, 2012.

GOMES, R. A., LEMPP, B., JANK, L., CARPEJANI, G. C., DA GRAÇA MORAIS, M. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.

GONÇALVES, E. D. V., RODRIGUES, L. F. O., DA SILVA, M. B., DANIELE, V., MATIELLO, L. N. B., MEINERZ, C. C., & GUIMARÃES, V. F. Influência Da Inoculação de *Azospirillum brasilense* em Milho Submetido a Condições de Déficit Hídrico. In **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO-Águas de Lindóia-26 a** (Vol. 30). 2012.

GUIMARÃES, S. L., BONFIM-SILVA, E. M., POLIZEL, A. C., CAMPOS, D. D. S. Produção de capim-marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia**, v. 7, n. 13, p. 819-825, 2011.

GRAY, E.J.; SMITH, D.L. Intracellular an extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biol. Biochem.**, v.37, n.1, p.395-412, 2005.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, JR.F.T.; GENEVE, R.L.; WILSON, S.B. **Plant propagation: principles and practices**. 9ed. New Jersey: Prentice Hall, 2018. 1024 p.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastores in the tropics. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v.221, n.1, p.125-131, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Produção da pecuária municipal 2016**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/.../indicadores/default.shtm>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INÁCIO, L.C.B.; ALENCAR, C.R.K.; MARTINEZ, A.C. Manejo de pastagem como ferramenta para a produção de bovinos a pasto. Simpósio de produção sustentável e saúde animal: **Anais...** Umuarama: PPS, 2017.

JANK, L., SANTOS, M. F., DO VALLE, C. B., BARRIOS, S., RESENDE, R. Novas alternativas de cultivares de forrageiras e melhoramento para a sustentabilidade da pecuária. In: **Embrapa Gado de Corte-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 4.: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, Dracena, 4., 2017.a

JANK, L., de ANDRADE, C. M. S., BARBOSA, R., MACEDO, M., VALERIO, J., VERZIGNASSI, J., ZIMMER, A. H.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, M. F.; SIMEÃO, R.M. O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens. **Embrapa Acre-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2017.b

KAPPES, C., ARF, O., ARF, M. V., FERREIRA, J. P., BEM, E. A. D., PORTUGAL, J. R., VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 527-538, 2013.

KARAM, D., SILVA, J. A. A., MAGALHÃES, P. C., DE OLIVEIRA, M. F., MOURAO, S. D. C. Manejo das forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* consorciadas com o milho em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009.

KLOEPPER, J.W.E. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. In: METTING, F.B. (Ed.) **Soil microbial ecology: Applications in Agricultural and environmental management**. New York: Marcel Dekker Inc, 1993, p.255-273.

LIMA, G.C. **Acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes, produção e composição química bromatológica do *Megathyrus Maximus* cv. BRS Zuri inoculado com bactérias promotoras do crescimento**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2018.

LUCY, M.; REED, E.; GLICK, B.R. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie Leeuwenhoek**, v.86, n.1, p.1-25, 2004.

LUNA, A. A., DOS SANTOS DIFANTE, G., MONTAGNER, D. B., NETO, J. V. E., DE ARAÚJO, I. M. M., DE OLIVEIRA, L. E. C. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras sob corte. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, 2014.

MARTUSCELLO, J. A., JANK, L., GONTIJO NETO, M. M., LAURA, V. A., CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G.; ARAUJO, A.R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scott Consultoria, 1, 2014, São Paulo, **Anais...** São Paulo: Embrapa Gado de Corte, p. 158-181.

MILLÉO, M. V. R., CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum sp.* na cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 14-23, 2016.

MOREIRA, F. M. D. S., DA SILVA, K., NÓBREGA, R. S. A., DE CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74, 2010.

MOREIRA, F., SANTOS, D. R., SILVA, G. H., ALENCAR, L. S. Ocorrência de bactérias do gênero *Azospirillum spp.* associadas a gramíneas forrageiras no semiárido nordestino. **HOLOS**, v. 3, 2013.

MOREIRA, C. D., PEREIRA, D. H., COIMBRA, R. A., MOREIRA, D. A. Germinação de gramíneas forrageiras em função da inoculação de bactérias diazotróficas. **Scientific Electronic Archives**, v. 6, p. 90-96, 2014.

NIRANJAN, R.S.; SHETTY, H.S.; REDDY, M.S. Plant growth promoting rhizobacteria: potencial Green alternative for plant productivity. In: SIDDIQUI, Z.A. (Ed.) **PGPR: Biocontrol and biofertilization**. Netherlands: Springer, 2006, p.197-216.

NOVAKOWISKI, J. H., SANDINI, I. E., FALBO, M. K., DE MORAES, A., NOVAKOWISKI, J. H., CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 32, n. suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v. 63, n. 7, p. 366- 370, 1997.

OLANREWAJU, O.S.; GLICK, B.R.; BABALOLA, O.O.; Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **Word J. Microbiol. Biotechnol.**, v.6, n.11, p.197, 2017.

OLIVEIRA, PPA; DE OLIVEIRA, W. S.; BARIONI JUNIOR, W. Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio. **Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M. As contribuições de *Brachiaria* e *Panicum* para a pecuária leiteira. In: VILELA, D.; FERREIRA, E.N.; JUNTOLLI, F.V. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos**. Embrapa: Brasília, p.167-186, 2016.

PARREIRA, L. H., MARTINS, M. E, RIBEIRO, M. M., & SENA JR, J. M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 838, 2015.

PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACCINI, A. L.; GARCIA, M. M.; FERRI, G. C.; FELBER, P. H.; MARTELI, D. C. V.; BIANCHESSI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias, Recife**, v. 40, n. 1, p.106-114, 2017.

PICCININ, G. G., BRACCINI, A. L., DE MORAIS DAN, L. G., BAZO, G. L., HOSSA, K. R., PONCE, R. M. Rendimento e desempenho agrônômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense*. **Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 393-401, 2013.

PINTO, M.A.B.; NUNES, U.R.; FIPKE, G.M. Germinação de trigo inoculado com *Azospirillum brasilense* sob distintos pH's da água de embebição. **Cultura Agrônômica**, v.26, n.4, p.694-704, 2017.

RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V.F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 4, p.678 – 685, 2012.

RMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, v.138, n.1, p.10-18, 2019.

ROBERTO, V. M. O., SILVA, C. D., & LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho à aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. p. 2429-2434, 2010.

RODRIGUES, L. A.; BATISTA, M. S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES C. Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 1, p.207-214, 2015.

SANTOS, M. E. R., FONSECA, D. D., SILVA, G. P., PIMENTEL, R. M., CARVALHO, V. D., SILVA, S. D. Estrutura do pasto de capim braquiária com variação de alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 04, p. 2125-2131, 2010.

SIGIDA, E.N.; FEDONENKO, Y.P.; SHASHKOV, A.S.; TOUKACH, P.V.; SHELUĐKO, E.L.; ZDOROVENKO, Y.A.; KNIREL, Y.A.; KONNOVA, S.A. Structural studies of O-specific polysaccharide(s) and biological activity toward plants of the lipopolysaccharide from *Azospirillum brasilense* SR8. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.126, n.1, p.246-253, 2019.

SILVA, L. A.; PETRY, C. Estudo comparativo entre sistemas de manejo de pastagens: Pastoreio Racional Voisin e convencional. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 10-10, 2018.

SKONIESKI, F. R., VIÉGAS, J., BERMUDEZ, R. F., NÖRNBERG, J. L., ZIECH, M. F., COSTA, O. A. D., MEINERZ, G. R. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 550-556, 2011.

SCHULTZ, N., DE MORAIS, R. F., DA SILVA, J. A., BAPTISTA, R. B., OLIVEIRA, R. P., LEITE, J. M., BODDEY, R. M. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 261-268, 2012.

STRASSBURG, B.B.N.; SCARAMUZZA, C.A.; SANSEVERO, J.B.B.; CALMON, M.; LATAWIEC, A.; PENTEADO, M.; RODRIGUES, R.R.; LAMONATO, F.; BRANCALION, P.; NAVE, A.; SILVA, C.C. **Análise preliminar de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica. Relatório técnico**. Rio de Janeiro: Instituto Internacional para Sustentabilidade. 2014, 64 p.

URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agrônômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.47, n.1, p.261-269, 2012.

VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D.M. MARTUSCELLO, J.A. (Ed.) **Plantas Forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, cap. I, p.30-n. 187, 2010.

VAN LOON, L.C. Plant response to plant growth-promoting rhizobacteria. **Eur. J. Plant Patrol.**, v.119, n.1, p.243-254, 2007.

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, v.255, n.1, p.571-586, 2003.

VILLELA, P.M. **Interação da adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense* em Siqueira de cana-de-açúcar**. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

ZIMMER, A. H., MACEDO, M. C. M., KICHEL, A. N., DE ALMEIDA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1

Desenvolvimento inicial de gramíneas forrageiras inoculadas com bactérias diazotróficas

Murienne Paula Cabral Nunes⁽¹⁾, Alliny das Graças Amaral⁽²⁾, Milanna Paula Cabral Nunes⁽³⁾

⁽¹⁾ Mestranda, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Departamento de pós-graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável, Campus São Luís de Montes Belos, CEP 76100-000, E-mail: muriennepaula@hotmail.com; ⁽²⁾ Docente da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, CEP 75132-400, E-mail: alliny.amaral@ueg.br; ⁽³⁾ Mestranda, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Departamento de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, CEP 75132-400, E-mail: milannanunes@icloud.com.

Resumo

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo é crescente o interesse por novas alternativas que potencializem a produtividade das gramíneas, como por exemplo, a utilização de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da inoculação das estirpes *Azospirillum brasilense* (ABV5 e HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) no desenvolvimento inicial das gramíneas forrageiras *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri; *Panicum maximum* BRS Quênia. Para *B. brizantha* foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo 6 tratamento, cinco bactérias e o controle, com três repetições. Para o gênero *Panicum* foi utilizado DIC em esquema fatorial 6x2, sendo cinco bactérias mais o controle x duas variedades de *Panicum*, com três repetições. Os parâmetros avaliados foram: comprimento de raiz (cm); comprimento de parte aérea (cm); raiz secundária (unid); massa da raiz fresca (mg); massa da raiz seca (mg); massa da parte aérea fresca (mg) e massa da parte aérea seca (mg). As bactérias que apresentaram melhores resultados para *B. brizantha* BRS Piatã foram *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59), já para as variedades de *Panicum* não foi significativo para a interação, bem como para as bactérias, somente para o fator cultivares. A cultivar *Panicum maximum* BRS Zuri apresentou melhores resultados para as variáveis analisadas, sendo superior a *Panicum maximum* BRS Quênia. Como lacuna teórica, a condução de mais experimentos em condições de campo devem ser realizados.

Palavras-Chave: *Brachiaria*; Fixação Biológica de Nitrogênio; *Panicum*.

Abstract

Meat production in the country is based on grazing cattle feed and for this reason there is growing or interest in new alternatives that enhance grammar grammar, such as the use of inoculants that use growth-promoting bacteria. The present work aims to evaluate the influence of inoculation of *Azospirillum brasilense* strains (ABV5 and HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) and *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) in the early development of forage grasses *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri; *Panicum maximum* BRS Kenya. For *B. brizantha* a completely randomized design (DIC) was used, being 6 treatment, five bacteria and the control, with three replications. For the *Panicum* genus, IHD was used in a 6x2 factorial scheme, with five bacteria plus control x two varieties of *Panicum*, with three replications. The evaluated parameters were: root length (cm); shoot length (cm); secondary root (unit); fresh root mass (mg); dry root mass (mg); fresh shoot mass (mg) and dry shoot mass (mg). The bacteria that presented the best results for *B. brizantha* BRS Piatã were *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) and *Azospirillum lipoferum* (Sp59), for *Panicum* varieties it was not significant for interaction, as well as for bacteria, only for the cultivars factor. The cultivar *Panicum maximum* BRS Zuri presented better results for the analyzed variables, being superior to *Panicum maximum* BRS Kenya. As a theoretical gap, further experiments under field conditions should be conducted.

Keywords: *Brachiaria*; Biological Nitrogen Fixation; *Panicum*.

Introdução

A produção de carne no país é baseada na alimentação dos bovinos a pasto e por este motivo, tem aumentado o interesse por novas alternativas que potencializem a produtividade das gramíneas, como por exemplo, a utilização de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV). Os altos custos dos fertilizantes agrícolas e a demanda crescente por uma agricultura sustentável são as principais razões pela busca de alternativas viáveis e com menor emissão de poluentes no meio ambiente (GUIMARÃES et al., 2011; HUNGRIA, 2011; DIAS-FILHO, 2014).

A alimentação dos bovinos ocupa áreas extensas e em sua grande maioria é à base de gramíneas tropicais, dentre elas os gêneros que mais se destacam são *Brachiaria* e *Panicum* (GUIMARÃES et al., 2011). O sistema produtivo tradicional é baseado na utilização de grandes volumes de fertilizantes químicos para obtenção de produtividades altas, segundo HUNGRIA (2011) a utilização de inoculantes consiste em uma alternativa viável para o incremento de produtividade com redução de custos (VILLELA, 2018).

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) caracterizam-se por serem microrganismos capazes de proporcionar a colonização da superfície das raízes e por consequência estimular o crescimento vegetal e desenvolvimento das plantas por mecanismos indiretos. Na promoção de crescimento direto, as BPCV favorecem a planta hospedeira compostos que facilitam a absorção de nutrientes, fixam o azoto atmosférico, solubilizam fósforo, produzem sideróforos que vem a solubilizar e sequestrar ferro, sintetizam hormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, melhoram estágios de crescimento ou sintetizam enzimas que modulam o crescimento e desenvolvimento das plantas, além da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (LUCY et al., 2004; GRAY e SMITH, 2005; HUNGRIA, 2011, GLICK, 2012; ETESAMI e MAHESHWARI, 2018).

Já na promoção indireta as BPCV reduzem a infestação de patógenos por meio da indução de resistência sistêmica (IRS), reduz as comunidades de microrganismos fitotóxicos (KLOPPER, 1993; NIRANJAN et al., 2006; VAN LOON, 2007; ETESAMI e MAHESHWARI, 2018).

As BPC proporcionam modificações nas culturas, tais como relacionado à produção de hormônios que por sua vez auxiliam na morfologia radicular, facilitando

maior exploração no perfil do solo (PARREIRA et al., 2015). As bactérias que habitam o solo e que são frequentemente utilizadas para inoculação são as dos gêneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Rhizobium*. Além de auxiliar nos processos de germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento das plantas é possível observar influência no controle biológico de microrganismos patogênicos (ARAÚJO et al., 2012).

As interações entre bactérias e plantas são determinantes para a saúde das plantas e fertilidade do solo (CHANDRA et al., 2018) e são amplamente estudadas visando determinar qual estirpes são viáveis e seus efeitos benéficos no solo, na produtividade das culturas (RAMAKRISHNA et al., 2019). Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da inoculação das estirpes *Azospirillum brasilense* (ABV5 e HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) no desenvolvimento inicial das gramíneas forrageiras *Brachiaria brizantha*, BRS Piatã *Panicum maximum* BRS Zuri e *Panicum maximum* BRS Quênia.

Material e Métodos

Caracterização do experimento

O experimento foi realizado no laboratório Bioquímica de microrganismos da Universidade Estadual de Goiás - Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo no município de Anápolis/GO. Foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado. Para *B. brizantha* contou com 6 tratamentos, sendo cinco bactérias e o controle (sem inoculação), com três repetições. Para o gênero *Panicum* foi utilizado DIC em esquema fatorial 6x2, sendo cinco bactérias mais o controle (sem inoculação) x duas variedades de *Panicum*, com três repetições.

Os isolados de bactérias utilizados no experimento foram *Azospirillum brasilense* (ABV5 e HM053); *Azospirillum sp.* (L40); *Azospirillum lipoferum* (Sp59) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1). As cultivares utilizadas para inoculação foram *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri e *Panicum maximum* BRS Quênia.

Condução do experimento

As sementes foram obtidas de lotes comerciais homogêneos e foram separadas manualmente das sujidades para obtenção de sementes puras. Mediante isso, foram desinfetadas, sendo imersas em 50 mL de álcool 70% durante 5 minutos, seguidas de enxágue em água destilada e imersas em 50 ml de hipoclorito de sódio a 6% mais Tween a 0,1%. Após 30 minutos foram lavadas em água destilada por 10 vezes e imersas em 50 ml de água destilada com 12,5 microlitros do fungicida vitavax, cujo grupo químico é carboxanilida (Carboxina) e Dimetilditiocarbamato (Tiram), durante 24 horas.

Depois de lavadas e desinfetadas as sementes foram separadas de modo que cada placa de petri recebesse 80 sementes. As placas foram esterilizadas com luz UV por 15 minutos e receberam dois papéis filtro de aproximadamente 0,80 gramas. Foi adicionado 4 mL de água destilada estéril por placa e com o auxílio de uma pinça as sementes foram depositadas nas placas. Após esse processo, as placas foram fechadas envolvidas em plástico filme e colocadas na estufa no escuro para germinação por dois dias a 40°C. *Brachiaria brizantha* BRS Piatã, *Panicum maximum* BRS Zuri e *Panicum maximum* BRS Quênia obtiveram 40%, 72% e 31% de germinação respectivamente. A quantidade de placas por variedade foi definida de forma que ao final da germinação cada repetição continham 15 plântulas.

Todos os procedimentos foram realizados com materiais autoclavados e preparados na câmara de fluxo. Para produção do pré-inóculo foram adicionados em um recipiente 18 ml de meio NFB lactato líquido juntamente com 0,36 ml de cloreto de amônio (20 mL/L) e 0,9 mL de solução de fosfatos (50 mL/L) (ANEXO 1). Desta solução foram separadas 3 ml para cada frasco estéril. Com o auxílio de um palito foi retirado uma porção de massa bacteriana das placas do estoque para cada uma das estirpes utilizadas e colocado em frascos individuais. O preparo foi colocado em incubadora com agitação orbital Tecnal TE-4200 onde permaneceu durante 48 horas a 140 rpm.

Para o preparo do inóculo foram colocados em um erlenmeyer 150 ml de meio NFB lactato juntamente com 7,5 ml de mistura de fosfatos e 3 ml de cloreto de amônio. Foram distribuídos 30 ml desta solução para cada um dos cinco erlenmeyer. Em seguida para as bactérias *Azospirillum brasilense* (ABV5); *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59) foram acrescentados 100 µl do pré-inóculo e para as bactérias *Azospirillum sp.* (L40) e *Azospirillum brasilense*

(HMO53) foram acrescentados 200 µl e 400 µl respectivamente. Os inóculos permaneceram na incubadora com agitação orbital Tecnal TE-4200 por um período de 24 horas a 140 rpm.

Após germinadas, as plântulas foram embebidas em 5 mL do inóculo por placa e o controle foi embebido em água destilada estéril, durante 30 minutos. Após inoculadas, foram dispostas 15 plântulas de forma equidistante em papel Germitest e realizados os rolos de germinação. Em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente na incubadora B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) durante 7 dias a 32 °C, sendo 16 horas de luz e 8 horas de escuro.

Variáveis analisadas

Comprimento de raiz primária e parte aérea: Foi efetuada a aferição por meio de régua graduada, em que consistiu a separação a partir da semente, sendo a parte superior considerada parte aérea e a parte inferior considerada raiz, com resultados expressos em centímetros.

Raízes secundárias: Foi realizado por meio de contagem, em que se contabilizou todas raízes exceto a primária, os resultados foram expressos em unidade.

Massa fresca de raiz e parte aérea: Após separadas as plântulas a partir da semente, foi realizado a pesagem em balança analítica, os resultados foram expressos em miligrama (mg).

Massa seca de raiz e parte aérea: A parte aérea e as raízes foram acondicionadas em sacos de papel kraft separadamente e submetidas à secagem em estufa a 45-65°C por 48 horas, os resultados foram expressos em mg/raízes seca e mg/parte aérea seca.

Posteriormente, foi realizado médias de plantas antes da análise de dados.

Análise estatística

Os dados obtidos das variáveis analisadas quanto aos pressupostos da análise de variância, a homocedasticidade foi verificada pelo teste Levene, quanto para normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Mediante isto, foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, quando significativos, foi realizado teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software SISVAR 5.6. e R 3.5.3 (FERREIRA, 2014; R CORE TEAM, 2019).

Resultados e Discussão

Para o primeiro experimento avaliando a eficiência de bactérias diazotróficas em *Brachiaria brizantha* BRS Piatã só foi significativo para as variáveis massa de parte aérea seca (MPAS), massa de raiz fresca (MRF), massa de raiz seca (MRS) e raízes secundárias (RS) (Tabela 1), não apresentando diferença estatística significativa para comprimento de raiz, parte área (cm) e massa de parte área fresca, sendo assim, não foi realizado teste de comparação de médias.

Ao analisar MPAS nota-se que as bactérias *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) apresentaram melhores resultados, sendo a HM053 a que apresentou menor desvio padrão e se comparado ao controle teve um incremento de 31,39%.

Dartora et al. (2013) ao avaliar gramíneas inoculadas com a espécie *A. brasilense* observaram um melhor desenvolvimento das plantas comparado ao controle, em que as plantas inoculadas obtiveram um maior quantidade de matéria seca de parte aérea e maior produtividade.

Chaves (2015) ao avaliar o efeito de bactérias diazotróficas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, concluiu que a resposta das inoculações de *Herbaspirillum seropedicae* individual ou em conjuntos com outras bactérias, proporcionou um resultado superior no que diz respeito a produção de massa seca de parte aérea. Fatos em consonância com o presente trabalho. De acordo com Brito (2019) sementes de milho inoculadas com *A. brasilense* apresentaram maior diâmetro de colmo, massa seca foliar, volume de raiz.

Já para MRF o tratamento sem inoculação obteve as maiores médias, seguido da *Azospirillum lipoferum* (Sp59), *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), entretanto, o tratamento controle apresentou um alto desvio padrão, o que evidencia a grande variação da massa de raiz, ou seja, ele não obteve padrão entre as médias das plântulas .

De acordo com Brito (2019) ao inocular *A. brasilense* em plantas e sementes o tratamento controle apresentou maior número de raízes, entretanto, as inoculadas foram iguais estatisticamente, semelhante ao presente trabalho. Contudo, segundo Guimarães (2014) a diferença entre plantas inoculadas e não inoculadas podem ser mais facilmente observadas quando avaliadas no plantio em solo, sendo *A. brasilense* e *H. seropedicae* responsáveis por desenvolvimento superior de plantas.

Ao avaliar a massa seca da raiz (MRS) nota-se que o tratamento *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1) apresentou melhores resultados, segundo Neiverth et al. (2014) o *H. seropedicae* apresentou resultados positivos no peso de raízes ao ser inoculadas em trigo, entretanto, apenas alguns genótipos foram responsivos, o que justifica que o genótipo da planta é um fator chave na obtenção do benefícios de bactérias endofíticas (REIS JUNIOR et al., 2000).

Uma variável extremamente importante quando se avalia inoculação de plântulas é a quantidade de raízes secundárias. No presente trabalho as plântulas inoculadas com as bactérias *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59) apresentaram maior número de raízes secundárias, demonstrando um bom desenvolvimento. Nota-se que as ambas apresentaram um incremento de mais de 30% de raízes secundárias se comparado com o tratamento sem inoculação. É sabido que o *Azospirillum* atua induzindo diferenças morfológicas nos pêlos das raízes, tais mudanças são respostas das plantas ao metabólitos bacterianos, em que indicam indiretamente a eficiência das estirpes como agentes de inoculação (EGORENKOVA et al., 2000, SIGIDA et al., 2019).

Rozier (2019) testou a inoculação de *A. lipoferum* em sementes de milho e observou que a bactéria proporcionou um melhor desenvolvimento da raiz, com maior número de raízes laterais, dados semelhantes ao presente trabalho.

Tabela 1. Efeito da inoculação de plântulas por bactérias diazotróficas na massa de parte aérea seca (MPAS), massa de raiz fresca (MRF), massa de raiz seca (MRS) e raiz secundária (RS) de capim *Brachiaria brizantha* BRS Piatã.

Bactérias	MPAS (mg)	MRF (mg)	MRS (mg)	RS (und)
<i>Azospirillum brasilense</i> (ABV5)	3,26 ± 0,80 ab	18,03 ± 2,37 ab	6,22 ± 0,24 ab	23,77 ± 13,06 ab
<i>Azospirillum brasilense</i> (HM053)	4,27 ± 0,20 a	12,68 ± 1,41 b	6,04 ± 0,27 ab	40,28 ± 7,54 a
<i>Azospirillum sp.</i> (L40)	4,08 ± 0,30 ab	12,74 ± 0,94 b	5,47 ± 0,03 b	14,95 ± 3,14 c
<i>Azospirillum lipoferum</i> (Sp59)	3,73 ± 0,32 ab	19,09 ± 1,73 a	6,12 ± 0,34 ab	37,10 ± 3,35 a
<i>Herbaspirillum seropedicae</i> (SMR1)	4,24 ± 0,50 a	18,98 ± 1,49 a	7,03 ± 0,57 a	31,99 ± 3,27 ab
Controle	2,93 ± 0,30 b	19,42 ± 4,15 a	5,75 ± 0,50 b	25,22 ± 3,50 ab
CV(%)	12,06	13,51	6,14	23,30

Os dados representam médias ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quando diz respeito ao experimento com duas variedades do gênero *Panicum* (*Panicum maximum* BRS Quênia e *Panicum maximum* BRS Zuri) em resposta a inoculação de bactérias diazotróficas, observa-se que não foi significativo para interação dos fatores e nem pro fator bactérias, apenas foi significativo para as variedades. Portanto, o teste de comparação de médias foi realizado apenas para tal fator.

Dentre as variáveis analisadas as significativas foram massa seca de parte aérea (MPAS); massa seca de raiz (MRS), comprimento de raiz e número de raízes secundárias (RS). Não foram estatisticamente significativas as variáveis comprimento de parte área, massa de parte área fresca e massa de raiz fresca, sendo assim, não realizou teste de comparação de médias. Para a maioria das variáveis a *Panicum maximum* BRS Zuri foi superior, exceto para MPAS em que a *Panicum maximum* BRS Quênia obteve as maiores médias. Tal fato evidencia que *Panicum maximum* BRS BRS Zuri, foi mais responsiva a inoculação, já que ela apresentou médias superiores a BRS Quênia.

Pereira (2019) ao testar duas variedade de *Panicum* em resposta a inoculação, observou que a variedade *Panicum maximum* BRS Zuri apresentou os melhores resultados, principalmente para matéria seca e proteína bruta. Lima (2018) testou a inoculação de diferentes bactérias no capim Zuri e concluiu que apresentaram efeitos positivos ao comparado com os sem inoculação. Sendo assim, a cultivar Zuri apresenta uma boa alternativa para se realizar inoculação e obter resultados satisfatórios na produção, crescimento radicular, dentre outros.

Tabela 2. Efeito da inoculação de plântulas por bactérias diazotróficas para massa de parte aérea seca (MPAS); massa de raiz seca (MRS), comprimento de raiz (cm) e raízes secundárias (RS) em *Panicum maximum* BRS Quênia e *Panicum maximum* BRS Zuri.

Variedades	MPAS (mg)	MRS (mg)	Raiz (cm)	RS (und)
BRS Quênia	1,04 ± 0,42 a	0,28 ± 0,15 b	5,11 ± 0,85 b	2,42 ± 1,79 b
BRS Zuri	0,45 ± 0,23 b	0,66 ± 0,31 a	2,78 ± 2,58 a	4,48 ± 2,50 a
CV(%)	48,02	55,22	47,21	56,18

Os dados representam médias ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

1. Para a variedade *Brachiaria brizantha* BRS Piatã as bactérias que tiveram maior eficiência ao inoculadas foram *Herbaspirillum seropedicae* (SMR1), *Azospirillum brasilense* (HM053) e *Azospirillum lipoferum* (Sp59).
2. Para as variedade de *Panicum*, não obteve efeito significativo entre as bactérias, e ao comparar as variedades de *Panicum*, a cultivar *Panicum maximum* BRS Zuri foi mais responsiva as inoculações.
3. Resta de lacuna teórica, a condução de experimentos em condições de campo, afim de analisar os benefícios promovidos pelas bactérias em resposta aos extresses climáticos em condições ambientais.

Referências

- ARAUJO, F.F.; GUABERTO, L. M.; DA SILVA, I. F. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.521-527, 2012.
- BRITO, T.S. **Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2019.
- CHANDRA, D.; BARH, A.; SHARMA, I.P. Plant growth promoting bacteria: a gateway to sustainable agriculture. In: PANKAJ.; SHARMA, A. (Eds) **Microbial Biotechnology in Environmental Monitoring and Cleanup.**, Pennsylvania, 2018, p. 318–338.
- CHAVES, V. A.; SANTOS, S. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; REIS, V. M. Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 1595-1602, 2015.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; JÚNIOR, A.S.P.; CUZ, L.M.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.3, p.175-181, 2013.
- DARTORA, J.; MARINI, D.; GUIMARÃES, V.F.; PAULETTI, D.R.; SANDER, G. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com estirpes de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. **Global Science and Technology**, v.6, n.3, 2013.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos** (INFOTECA-E), 2014.

EGORENKOVA, I.V.; KONNOVA, S.A.; IGNATOV, V.V.; SKVORTSOV, I.M. Investigation of the initial stages of interaction of the bacterium *Azospirillum brasilense* with wheat seedling roots: adsorption and root hair deformation, **Microbiology**, v.69, n.1, p.103-108, 2000.

ETESAMI, H.; MAHESHWARI, D.K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with múltipla plant growth promotig traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. **Ecotoxicol. Environ. Sai.**, v.156, n.1, p.225-246, 2018.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and Applications. **Scientifica**, v.1, n.1, p.1-15, 2012.

GUIMARÃES, S.L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A.C.; CAMPOS, D.D.S. Produção de capim-marandu inoculado com *Azospirillum spp.* **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia**, v. 7, n. 13, p. 819-825, 2011.

GUIMARÃES, V.F.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; INAGAKI, A.M.; BULEGON, L.G. Synergistic action of *Azospirillum brasilense* combined with thiamethoxan on the physiological quality of maize seedlings. **African J. Agric. Res.**, v.13, n.1, p.4501-4507, 2014.

GRAY, E.J.; SMITH, D.L. Intracellular an extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biol. Biochem.**, v.37, n.1, p.395-412, 2005.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja-Documents** (INFOTECA-E), 2011.

KLOEPPER, J.W.E. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. In: METTING, F.B. (Ed.) **Soil microbial ecology: Applications in Agricultural an environmental management**. New York: Marcel Dekker Inc, 1993, p.255-273.

LIMA, G.C. **Acúmulo de nutrientes na parte área e raízes, produção e composição química bromatológica do *Megathyrus Maximus* cv. BRS Zuri inoculado com bactérias promotoras do crescimento**. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2018.

LUCY, M.; REED, E.; GLICK, B.R. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie Leeuwenhoek**, v.86, n.1, p.1-25, 2004.

NEIVERTH, A.; DELAI, S.; GARCIA, D.M.; SAATKAMP, K.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O.; GUIMARAES, F.; SANTOS, M.F.; VENDRUSCOLO, E.C.G.; COSTA, A.C.T. Performance of diferente wheat genotypes inoculated with the plant growth promoting bacterium *Herbaspirillum seropedicae*. **European Journal of Soil Biology**, v.64, n.1, p.1-5, 2014.

- NIRANJAN, R.S.; SHETTY, H.S.; REDDY, M.S. Plant growth promoting rhizobacteria: potencial Green alternative for plant productivity. In: SIDDIQUI, Z.A. (Ed.) **PGPR: Biocontrol and biofertilization**. Netherlands: Springer, 2006, p.197-216.
- PARREIRA, L.H.; MARTINS, M.E.; RIBEIRO, M.M.; SENA JR, J.M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 838, 2015.
- PEREIRA, F.A.B. **Influência da inoculação de bactérias diazotróficas na bromatologia de forragens do gênero *Panicum maximum***. 2019. 24 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2019.
- REIS JUNIOR, F.B.D.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S.; DOBEREINER, J. Influence of nitrogen fertilisation on the population of diazotrophic bacteria *Herbaspirillum* spp. and *Acetobacter diazotrophicus* in sugar cane (*Saccharum* spa.). **Plant and Soil**, v.219, n.1, p.153-159, 2000.
- RMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, v.138, n.1, p.10-18, 2019.
- R Core Team. **R: A Language and environment for statistical computing**. R foundation for statical computing, Vienna, Austria, 2019.
- ROZIER, C.; GERIN, F.; CZARNES, S.; LEGENDRE, L. Biopriming of maize germination by the plant growth-promoting rhizobacterium *Azospirillum lipoferum* CRT1. **Jounal of Plant Physiology**, v.237, n.1, p.111-119, 2019.
- SIGIDA, E.N.; FEDONENKO, Y.P.; SHASHKOV, A.S.; TOUKACH, P.V.; SHELUD`KO, E.L.; ZDOROVENKO, Y.A.; KNIREL, Y.A.; KONNOVA, S.A. Structural studies of O-specific polysaccharide(s) and biological activity toward plants of the lipopolysaccharide from *Azospirillum brasilense* SR8. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.126, n.1, p.246-253, 2019.
- VAN LOON, L.C. Plant response to plant growth-promoting rhizobacteria. **Eur. J. Plant Patrol.**, v.119, n.1, p.243-254, 2007.
- VILLELA, P.M. **Interação da adubação nitrogenada e *Azospirillum brasilense* em Siqueira de cana-de-açúcar**. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.