

AVALIAÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum* E *Rhizobium* NA CULTURA DO MILHO

Tiago Müller¹, Neuri Antonio Feldmann², Fabiana Raquel Mühl³

Palavras-chave: *Azospirillum* – *Rhizobium*- milho – viabilidade econômica.

A evolução da agricultura moderna vem trazendo consigo a constantes transformações, que facilmente estão ao alcance do homem do campo. O desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas está envolvido com a rentabilidade dos processos produtivos. A utilização de insumos alternativos vem atraindo olhares da população rural, que com isso buscam maximizar a produção e ao mesmo tempo reduzir custos no produto final. A cultura do milho há milhares de anos já vem sendo cultivada pelo homem, primitivamente na forma de Teosinto, e atualmente nas versões híbridas, graças aos programas de melhoramento genético. Nos momentos em que a planta irá definir o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras, em V3-4 e V8-12 respectivamente, deve-se suprir a necessidade da planta em Nitrogênio. Avaliando-se como ferramenta alternativa, o uso de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas – BPCPs, foi avaliado buscando-se demonstrar os resultados a campo. Com investimentos entre R\$ 10,00 a R\$ 15,00 reais por hectare, o baixo custo de investimento é um ponto favorável a utilização desta tecnologia na lavoura. Foram utilizadas as bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Rhizobium*. Quando inoculado apenas com *Azospirillum*, a cultura do milho apresenta índices produtivos um pouco mais elevados, se comparado a co-inoculação, entretanto, não a ponto de gerar diferença estatística. A co-inoculação, não apresentou diferença estatística se comparada a inoculação isolada com cada gênero de Bactéria. O uso de BPCPs é indicado, pois sua viabilidade econômica perante o investimento é rentável.

INTRODUÇÃO

Com produtividade cada vez maior, a cultura do milho se destaca entre as grandes culturas como grande consumidora de nitrogênio, levando a necessidade cada vez maior do aumento a eficiência do uso das adubações nitrogenadas. Diante desta realidade, pesquisas avançam em direção a novas alternativas que visam aumentar a eficiência das adubações, em especial a nitrogenada, responsável por grande parte dos custos da lavoura. Para tal, cientistas e pesquisadores vislumbram como alternativa funcional, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento na cultura do milho (HUNGRIA, 2011).

¹ Engenheiro Agrônomo, formado pelo Centro Universitário FAI. E-mail: mullertiago@outlook.com.

² Engenheiro Agrônomo, Coordenador e professor do curso de Agronomia do Centro Universitário FAI.

³ Bióloga, Professora do curso de Agronomia do Centro Universitário FAI.

Observar a necessidade nutricional e aplicar o nutriente na dose e momento correto, são práticas que devem ser adotadas para melhor desempenho produtivo da cultura. Aliado ao correto manejo da lavoura vem sendo realizadas inúmeras pesquisas na área de utilização de bactérias diazotróficas, que a exemplo da cultura da soja, podem trazer inúmeros benefícios a cultura do milho, como por exemplo, promover o crescimento da planta e auxiliar na metabolização do nitrogênio presente na rizosfera (EMBRAPA, 2015).

Naturalmente, o milho não possui associação biológica que possa fornecer o nitrogênio necessário para sua produção. As principais bactérias que apresentam representatividade na cultura do milho são as do gênero *Azospirillum*. Essa tecnologia é recente no mercado e precisa ser analisada e testada quanto a sua viabilidade em maior escala. Essas bactérias empregadas na cultura do milho, trazem inúmeros benefícios quanto a sua utilização, dos quais podemos destacar aumento de produção e promoção de crescimento das plantas (EMBRAPA, 2015).

Além do uso das bactérias do gênero *Azospirillum*, o uso de bactérias do gênero *Rhizobium* também vem sendo avaliado. Contudo esse gênero é naturalmente empregado na cultura da soja, no entanto, atualmente estuda-se seu uso juntamente ao cultivo de gramíneas. Através do processo simbiótico, as bactérias realizam a captura do nitrogênio atmosférico, e o transformam em amônia, fixando-o ao solo. Visto que as plantas não conseguem sintetizar este nutriente da atmosfera, após as bactérias terem feito a fixação, a planta consegue interceptá-lo com o sistema radicular e absorvê-lo.

Juntamente a fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento, as bactérias aplicadas via inoculação produzem uma gama de hormônios, são também responsáveis pelo desenvolvimento do sistema radicular da planta, dessa forma culminam em maior absorção de nutrientes (HUNGRIA, 2011). Vale lembrar que lançar mão do uso de inoculantes não substitui a aplicação de nitrogênio em sua totalidade, e sim, será aliada no sistema de produção, trazendo redução dos custos de produção.

A agricultura moderna busca inovações no uso dos nutrientes, e a sofisticação dos sistemas produtivos. Para tanto, todo manejo diferenciado que venha a maximizar a produção com menos gasto de insumos é altamente indicado. Neste sentido, este trabalho tem o objetivo de avaliar os efeitos da inoculação na cultura do milho através do uso de *Azospirillum* e *Rizobium*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma propriedade rural do interior do Município de São João do Oeste, na comunidade de Linha Fortaleza. A uma altitude de 297 m, em relação ao nível do mar, latitude de 27° 6'59.60"S, e longitude de 53°35'54.46"O, com clima subtropical úmido, em Cambissolo Hístico alumínico, conforme descrição do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (2013). A calagem e adubação foram realizadas de acordo com a análise de solo (Tabela 1), coletada e interpretada de acordo com Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).

Tabela 1 - Parâmetros da análise de solo.

Argila (%)	Matéria Orgânica (%)	pH em água	Índice SMP	Al ³⁺ H cmol/dm ³
56	3,1	6,0	6,2	3,47
Al trocável (cmol/dm ³)	Cálcio (cmol/dm ³)	Magnésio (cmol/dm ³)	Potássio (mg/dm ³)	Fósforo (mg/dm ³)
0	8,03	3,62	300	17,17

O experimento foi realizado com delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos pelo mesmo híbrido de milho- Dekalb DKB 177 VTPRO 3, mesma adubação nitrogenada na base e em cobertura, apenas com variação nas doses de inoculantes aplicados. A semeadura ocorreu no dia 26 de setembro de 2017, na densidade de 6,66 plantas por m², ou 66.666 plantas por hectare, sendo que o experimento perdurou por um período de 120 dias, compatível ao ciclo da cultura, no qual foram executadas práticas recomendadas para a cultura em todo o ciclo, envolvendo manejo e controle de pragas e plantas daninhas.

Cada parcela foi constituída por 4 linhas de 4 metros de comprimento, espaçadas umas às outras por 0,75 metros. As avaliações foram feitas em V4, e no momento da colheita, sendo utilizadas apenas as duas fileiras centrais de cada parcela, descartando-se as bordaduras. Após colhidas, as amostras de grãos foram corrigidas a 13% de umidade.

A avaliação nos tratamentos deu-se a partir dos resultados obtidos com a aplicação de inoculantes na semente com dois tipos de bactérias simbióticas diferentes, *Azospirillum* e *Rhizobium*, com diferenciação de doses, 60 e 120 g/ha, com apenas uma bactéria aplicada, e ambas juntas, repetindo-se cada tratamento 4 vezes. Sendo ao todo, seis tratamentos com bactéria e um tratamento como testemunha, sem aplicação de inoculantes, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos testados no experimento.

Tratamento	Especificações dos tratamentos
Tratamento 01	Testemunha
Tratamento 02	<i>Azospirillum</i> 1 dose
Tratamento 03	<i>Azospirillum</i> 2 doses
Tratamento 04	<i>Rhizobium</i> 1 dose
Tratamento 05	<i>Rhizobium</i> 2 doses
Tratamento 06	Azos. + Rhiz. 1 dose
Tratamento 07	Azos. + Rhiz 2 doses

Foram avaliadas as seguintes variáveis no experimento:

- Rendimento em kg/ha: após realizada a trilha das espigas, realizou-se a pesagem dos grãos, com a conversão da umidade para 13%, para padronização das amostras avaliação dos tratamentos, ao qual foram apenas analisadas as duas linhas centrais, e excluídas as bordaduras.
- Rendimento em sacas/ha: com a definição do peso de grãos de cada parcela, pode-se calcular as médias de cada tratamento, e com isso obter-se os dados para submeter a análise econômica de cada tratamento.
- Distância do entrenó: em cada tratamento foram medidas a distância entre o segundo e terceiro nó acima da linha do solo, em 10 (Dez) plantas por parcela, excluindo-se as bordaduras.
- Espessura do colmo: respeitando-se o mesmo critério para a distância entrenó, foi avaliada a espessura de colmo com paquímetro, utilizando a média entre diâmetro maior e menor do colmo, com a finalidade de representar se há ou não efeito do uso de diazotrófos na cultura do milho.
- Altura de planta: a avaliação da altura teve por finalidade a avaliação da influência dos diazotrófos no porte da planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

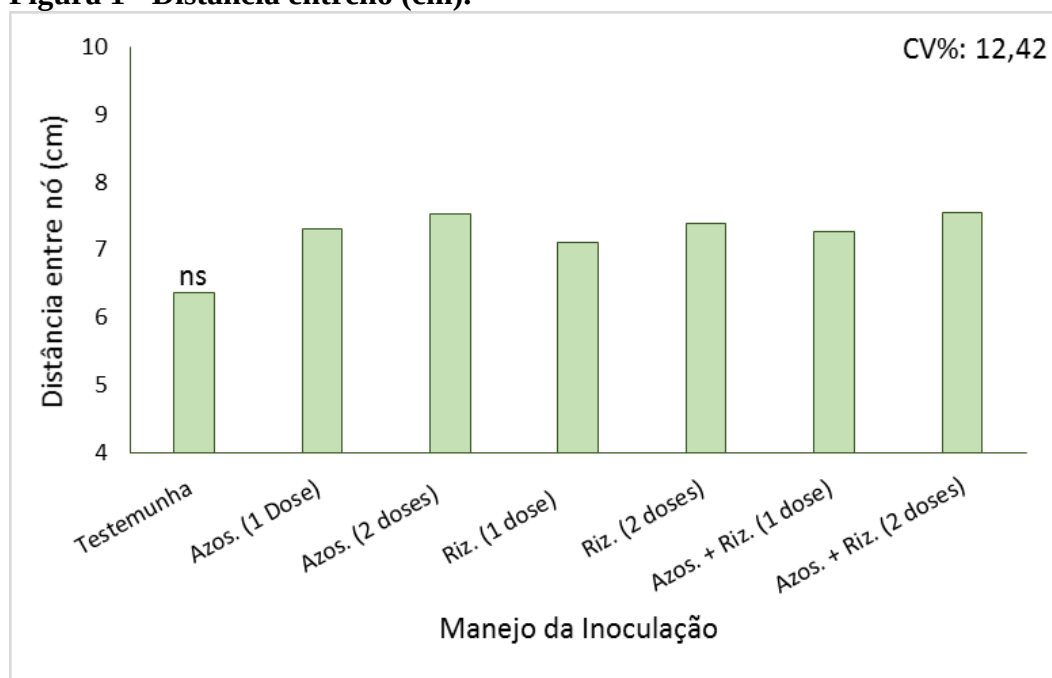
A inoculação juntamente com a adubação nitrogenada apresentou pouca ou nenhuma significância para a distância entrenó (Figura 1), não apresentando variação significativa.

O fato de não ocorrer diferença significativa entre os tratamentos, pode ser atribuída as condições de clima e solo. Visto que o solo possui índices de fertilidade bons, como demonstrou a análise de solo, e o clima transcorreu de forma favorável ao desenvolvimento da cultura. Proporcionando desenvolvimento vegetativo uniforme entre as plantas sem diferenciação entre os tratamentos.

Abril et al. (2009 apud SKONIESKI, 2015) relata que a condição climática e a microbiota de solo são fatores que podem explicar a não significância da variação entre tratamentos a campo usando-se os diazotrófos.

Hahn (2013), em trabalhos realizando a co-inoculação de milho com bactérias diazotróficas, também verificou que alguns híbridos de milho não apresentaram variação no incremento da parte aérea. Sendo que, para ele, esse fato deve-se a falta de nitrogênio, ressaltando que em adubações nitrogenadas suficientes, o uso de diazotrófos se faz interessante.

Figura 1 - Distância entrenó (cm).



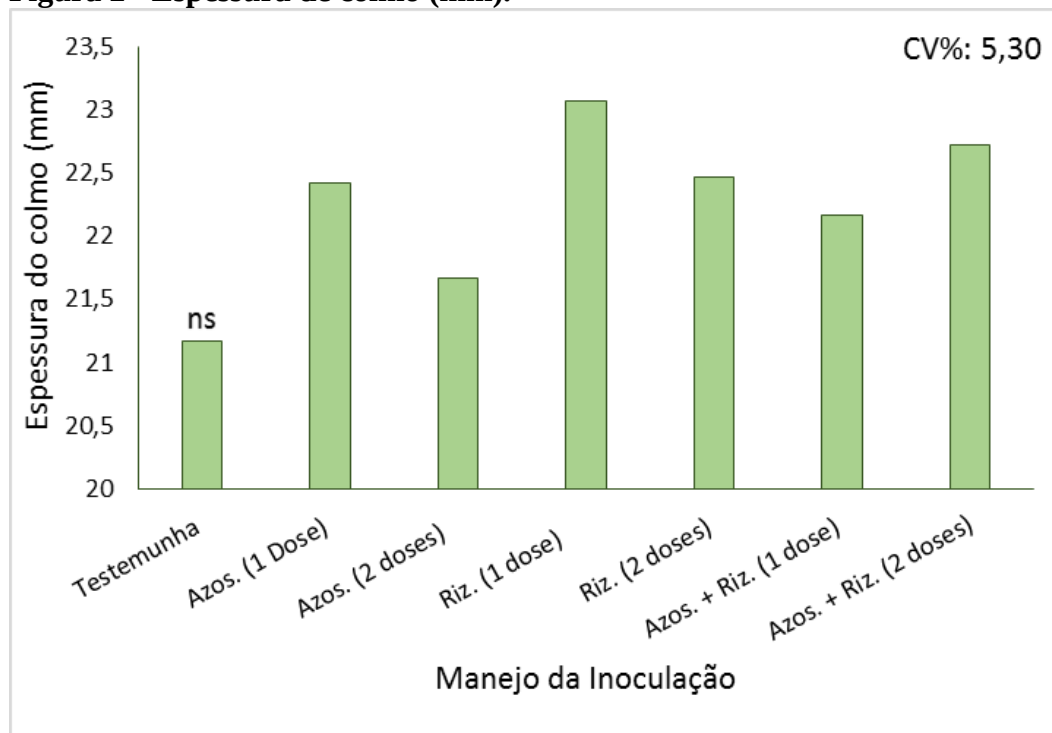
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Como se pode visualizar na Figura 2, ocorreu pouca ou nenhuma influência do uso de inoculação entre os tratamentos para a espessura de colmo, não atingindo níveis de diferença estatística. Feldmann (2014) em trabalhos na cultra do Trigo obteve resultados similares aos demonstrados no gráfico, onde a inoculação das sementes não apresentou diferença significativa para incremento de biomassa de parte aérea da planta.

Tanto Feldmann (2014) como Quadros (2009), destacam que o uso da inoculação juntamente com doses crescentes de adubação nitrogenada proporcionam incrementos de biomassa e massa seca de parte aérea. O que justifica a não significância para este quesito, por haver apenas uma dose de Nitrogênio aplicada.

Resultados semelhantes a este trabalho são descritos por Dotto et al. (2010 apud DARTORA et al., 2013), onde avaliando o uso de bactérias diazotróficas juntamente a doses de nitrogênio não encontrou diferenciação no diâmetro do colmo entre os tratamentos.

Figura 2 - Espessura de colmo (mm).

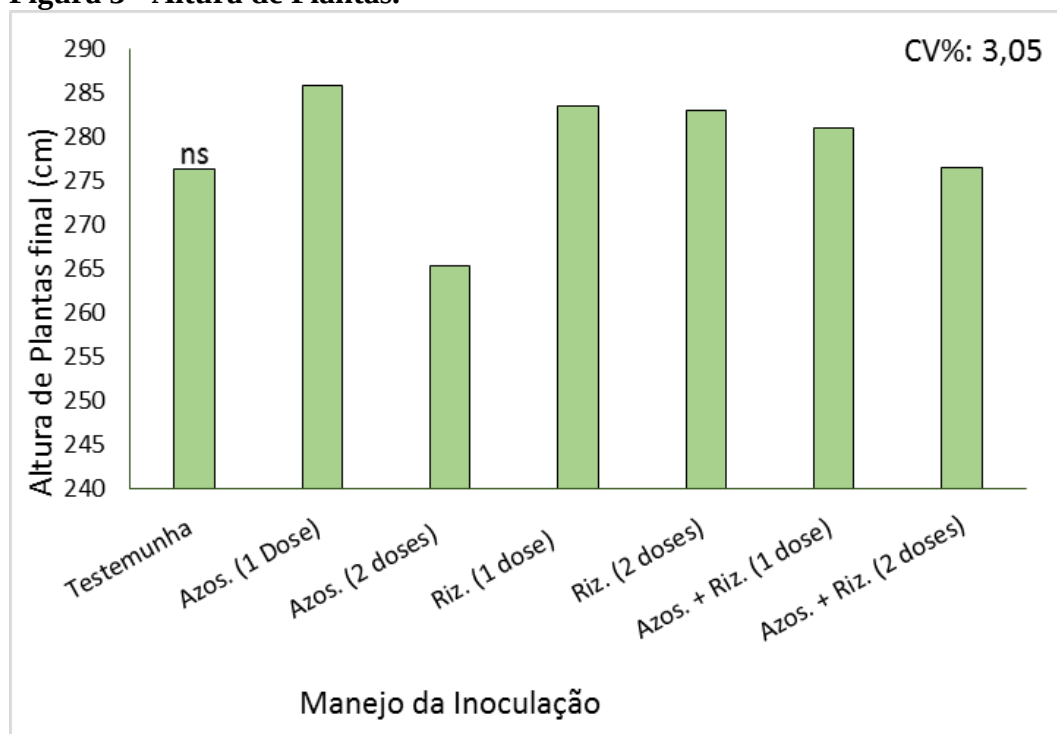


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

A diferença da altura entre plantas (Figura 3) não variou estatisticamente entre os tratamentos, não sobressaindo-se os tratamentos inoculados ao controle. Este resultado pode estar relacionado a condição climática durante o período de realização do experimento, o qual proporcionou um desenvolvimento vegetativo adequado a cultura. Resultados semelhantes a estes são descritos por Lana et al. (2012 apud CORDEIRO, 2017), onde a inoculação com *Azospirillum* não influenciou a altura de plantas. Onde descrevem que a produção de determinados fito hormônios podem estar relacionada a não significância de variação estatística entre os componentes da parte aérea.

Como destaca Spaepen et al. (2009 apud CORDEIRO, 2017), onde o balanço entre produção de auxinas e citocininas é o fator regulador para promoção de crescimento da planta. Sendo as auxinas responsáveis pelo desenvolvimento do sistema radicular e as citocininas responsáveis pela parte aérea.

Figura 3 - Altura de Plantas.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Como pode ser visualizado na Figura 4, a produtividade de grãos foi mais responsiva a inoculação de semente no tratamento 2, o qual diferiu-se estatisticamente apenas do tratamento 7. Tal incremento pode ser atribuído a maior eficiência no processo de absorção de água e nutrientes, graças a um maior sistema radicular (FELDMANN, 2014), que se desenvolveu graças a maior presença de exsudatos produzidos pela planta em associação com o diazotrófo (SPAEPEN et al., 2009 apud CORDEIRO, 2017).

Corroborando com esta afirmação Dobbelaere et al. (2003) e Hungria et al. (2010, apud HAHN 2013), os rendimentos obtidos neste tratamento, podem ser atribuídos ao efeito benéfico de fito hormônios produzidos pelas bactérias no sistema radicular da planta, e que vieram a ocasionaram uma maior absorção de macro e micronutrientes, privilegiando a produção de grãos.

Reis Júnior et al. (2008) e Bashan e Holguin (2004), descritos por Quadros (2009), ressaltam que incrementos produtivos relacionados ao uso de bactérias associativas está ligado a produção de fito hormônios, principalmente ácido indol-acético (AIA), que possui alta capacidade de promoção de crescimento.

Hahn (2013) em seus trabalhos também destacou os benefícios do uso de bactérias associativas para a promoção de crescimento das plantas de milho. No qual houve incremento

de 16,2% na massa seca do sistema radicular da planta, além de maiores teores de Nitrogênio na massa seca.

Muñoz-Garcia et al. (1991 apud QUADROS, 2009) também obtiveram resultados semelhantes, onde destacaram perante a inoculação de milho com *Azospirillum brasiliense*, que houve incremento de 54 a 86 % no valor da matéria seca do sistema radicular. Cavallet et al. (2000) conciliaram o uso de bactérias diazotróficas com a adubação nitrogenada, na qual obtiveram resultados de incrementos de produção em até 17%, visto que, tratamentos que foram submetidos a inoculação tiveram desenvolvimento superior aos da testemunha sem inoculação.

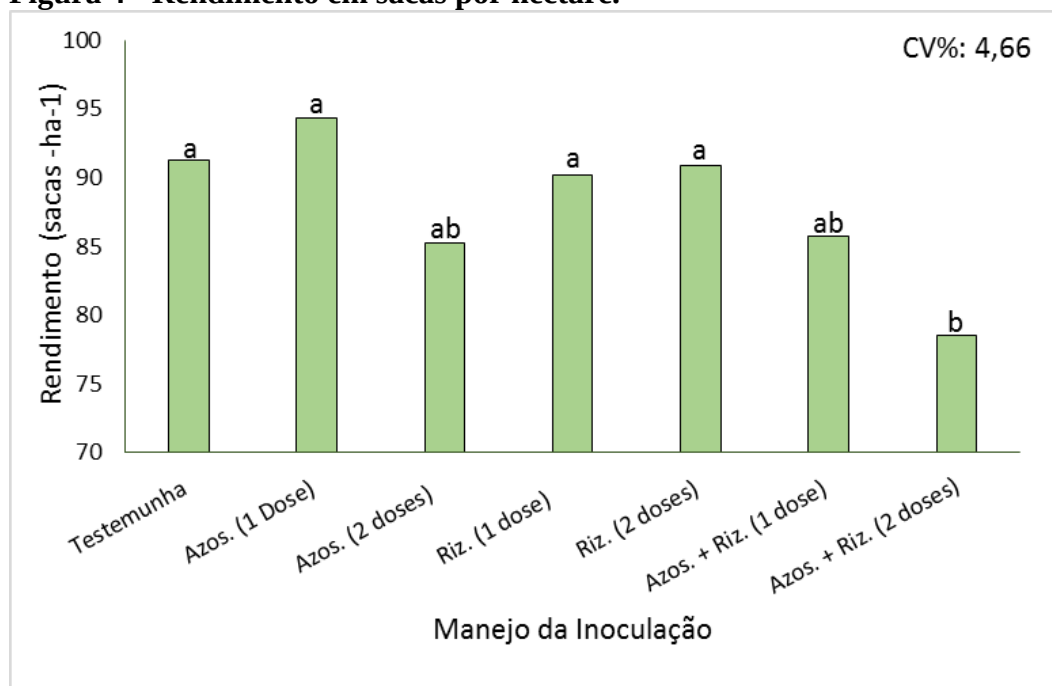
Quando usadas apenas bactérias do gênero *Rhizobium*, estas mostraram-se favoráveis para desenvolvimento de parte aérea, porém, quando associada a *Azospirillum*, a planta não apresentou variação estatística para produção de grãos se comparada ao uso de *Azospirillum* isoladamente.

Esta reação é descrita por Quadros (2009), onde cita que a planta e bactérias liberam exsudatos na rizosfera, a partir de então, ocorre a quimiotaxia entre os organismos, podendo apresentar aceitação ou rejeição. Demonstrando que para que ocorra a interação entre planta diazotrófo deve haver um grau de especificidade.

Alguns tipos de bactérias originalmente encontradas em plantas de trevo branco, possuem alta capacidade de promoção de crescimento, e tais grupos são capazes de solubilizar fosfatos e produzir exsudatos importantes na região próxima aos sistema radicular colonizado (ALVES, 2005 apud HAHN, 2013), o que lhes confere a característica de promotor de crescimento.

Porém, as condições do solo e as doses de Nitrogênio, a qual são submetidas as avaliações do uso de bactérias diazotróficas também deve ser levado em consideração. Feldmann (2014), demonstra a interação da qualidade do solo com o efeito da inoculação e adubação nitrogenada em trabalhos realizados na cultura do Trigo, destacando contrastes entre mesmas cultivares implantadas em locais diferentes.

Figura 4 - Rendimento em sacas por hectare.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

A média dos tratamentos 01, 02, 04, e 05, demonstraram-se superiores ao tratamento 07, variando em torno de 12,3 sacas, totalizando 738 kg. Este diferencial de 13,7% quando convertido em valores, tomando-se por base a média Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola - CEPA do mês de julho de 2018, que é de R\$ 34,50, teremos variação financeira de R\$ 424,20/ha, ao qual a média dos tratamentos 01, 02, 04, e 05 é mais rentável que o tratamento 07.

Resultados similares também foram encontrados por Silva (2013), onde em trabalhos desenvolvidos, obtiveram resultando com acréscimo de 8% em cultivares inoculadas, quando comparadas ao mesmo cultivar sem inoculação.

Mesmo não apresentando diferença estatística entre os tratamentos 02 e 03, observa-se que em 02 (5.660,42 kg) houve um pequeno acréscimo de produção se comparado a 03 (5.115,02 kg). O que representa em números, a diferença de 545,40 kg, totalizando 9,09 sacas, correspondendo em valor a R\$ 313,60.

CONCLUSÃO

A inoculação de sementes de milho com *Azospirillum* (Azos. 1 aplicação) apresentou maior efeito quando aplicada isoladamente, não se diferenciando estatisticamente aos demais tratamentos, exceto ao tratamento 7 (Azos. + Riz. 2 aplicações).

A inoculação com *Rhizobium* (1 aplicação, e 2 aplicações), não apresentou diferença estatística aos demais tratamentos, exceto ao tratamento 07 (Azos. + Riz. 2 aplicações).

A co-inoculação entre as bactérias (Azos. + Riz. 1 aplicação), mostrou-se estatisticamente semelhante aos tratamentos quando trabalhados isoladamente, porém com produtividade inferior, todavia, mostrou-se numericamente superior a co-inoculação Azos. + Riz. (2 aplicações).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORDEIRO, Jaíza Ellen Borges. **Desempenho Agrônomo Do Milho Em Resposta à Inoculação de Bactérias promotoras de Crescimento de Plantas**. 2017. XIII, 81f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa- Campus Florestal. Viçosa, 2017.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF. 2015. **Inoculação em milho ainda é pouco usada em Mato Grosso**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2733039/inoculacao-em-milho-ainda-e-pouco-usada-em-mato-grosso>>. Acesso em 05 set. 2017.

FELDMANN, Neuri Antonio; **Cultivares de trigo submetidas à inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* e a aplicação de nitrogênio em quatro ambientes**. 2014, 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, 2014.

HAHN, Leandro. **Promoção de crescimento de plantas gramíneas e leguminosas inoculadas com rizóbios e bactérias associativas**. 2013. 171f. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PIONEER – Agronegócio em foco. **Milho: Crescimento e Desenvolvimento**. 2017. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/41/milho-crescimento-e-desenvolvimento>>. Acesso em 30 agosto 2018.

PINHO, Renzo G. V.; SANTO, Álvaro de O.; PINHO, Iolanda V. V.; Botânica. IN: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A.; (Ed) **Milho: do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 27- 49.

QUADROS, Patrícia Dörr de Quadros. **Inoculação de *Azospirillum spp* em genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SANTOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 3ª edição, Brasília, DF, 2013

SILVA, Lígia Maria Maraschi Da; **Desempenho Agronômico De Milho Em Função Do Tratamento De Sementes Com *Azospirillum Brasiliense* Sob Diferentes Doses De Nitrogênio Mineral**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2013.