

Inoculante *Azospirillum brasilense* via foliar associado a diferentes fertilizantes foliares na cultura do milho

Adriano Leonildo Ciciliato¹; Evandro Luiz Nogarolli Casimiro²

Resumo: O milho (*Zea Mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, possui importância econômica e social, no Brasil, é usado de diversas formas, na alimentação humana e animal, na indústria para fabricação de diversos produtos. Trata-se de uma cultura que necessita de altas taxas de nitrogênio para obter alta produção, o que aumenta os custos significativamente. A fixação biológica de nitrogênio vem sendo estudada, com o uso de bactérias do gênero *Azospirillum* sp. Este trabalho tem como objetivo avaliar o inoculante *Azospirillum brasilense* na forma líquida e diferentes fertilizantes foliares no híbrido de milho AG 9010[®] convencional (Agrocere[®]). O experimento foi conduzido na unidade experimental da cooperativa COAGRU[®] em Ubitatã-PR, sendo o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e cinco tratamentos, sendo: tratamento 1- testemunha; tratamento 2- inoculante (*Azospirillum brasilense*); tratamento 3- inoculante com molibdênio (14%) e cobalto (1,5%); tratamento 4- inoculante com molibdênio (14%) e potássio (10%); tratamento 5- inoculante com molibdênio (14%) com cobalto (1,5%) e molibdênio (14%) com potássio (10%). Na adubação de base foi aplicado 310 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK (10-15-15) e aplicação de cobertura com o Super N[®] na dose de 248 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Inoculante; cereal; *Azospirillum*.

Inoculants *Azospirillum brasilense* foliar associated to different foliar fertilizers in corn

Abstract: Corn (*Zea mays* L.) is one of the most cultivated cereal in the world, has economic and social importance, in Brazil, is used in various ways, in food and feed, in the industry for manufacturing various products. This is a culture that requires high nitrogen to obtain high production rates, which increases the costs significantly. Nitrogen fixation has been studied with the use of bacteria of the genus *Azospirillum* sp. This study aims to evaluate the *Azospirillum brasilense* inoculation in liquid and different foliar fertilizers on corn hybrid AG 9010[®] conventionally (Agrocere[®]). The experiment was conducted in the experimental unit COAGRU[®] cooperative in Ubitatã-PR, with the design of a randomized block design with four replications and five treatments: 1- control treatment; treatment inoculant 2- (*Azospirillum brasilense*); 3- inoculant treatment with molybdenum (14%) and cobalt (1.5%); 4- inoculant treatment with molybdenum (14%) and potassium (10%); 5- inoculant treatment with molybdenum (14%) and cobalt (1.5%) and molybdenum (14%) with potassium (10%). In the fertilizer was applied 310 kg ha⁻¹ NPK fertilizer (10-15-15) and application coverage with Super N[®] at a dose of 248 kg ha⁻¹.

Key words: Inoculant, cereal, *Azospirillum* sp.

Introdução

¹ Acadêmico do curso de Agronomia da Faculdade Assis Gurgacz- PR. Adriano_ciciliato@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo Mestre em produção vegetal (UNIOESTE-MCR-PR). Professor da Faculdade Assis Gurgacz – FAG – PR. evandrocasimiro@hotmail.com

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea que pertence à família das poaceae, originária da América central ou do México, sendo cultivada a pelo menos de 8 a 10 mil anos. Geralmente tem mais de dois metros de altura e pode ter até 20 folhas contendo espigas com cerca de 600 a 1000 grãos. As cultivares de milho são divididas em dois tipos: híbridos e variedades, sendo o primeiro, resultado de cruzamentos entre linhagens e recomendado para áreas de média à alta tecnologia, devido alto vigor e produtividade, já as variedades são plantas com certa variabilidade, de menor custo e mais recomendada para áreas de baixa tecnologia e em sistemas de produção agroecológica e orgânica (EMBRAPA, 2012).

O cultivo de milho no Brasil é de fundamental importância, pois é o principal ingrediente na ração animal, usado na alimentação humana e nas indústrias para diversos fins. Por ser um cereal importante economicamente busca se cada vez mais técnicas para alcançar maiores produtividades, sejam estas melhorias na fertilidade do solo, novas tecnologias de manejo e aplicação de defensivos, busca por novas variedades mais produtivas e produtos fitossanitários com melhor espectro de ação (CHIQUEITO *et al.*, 2012).

A produção brasileira de milho na safra 14/15 aponta para uma produção próxima de 84.729,2 mil de toneladas, ou seja, 5,8% a mais quando comprado a produção anterior que foi de 80.052 mil toneladas, e tivemos um aumento de produtividade cerca de 6,4% a mais por ha quando que na safra 13/14 produzia se 5.057 kg ha⁻¹ a safra 14/15 é de 5.382 kg ha⁻¹ mesmo com uma área cultivada 0,5% a menos, isto se da principalmente devido a boas praticas culturais, manejo, materiais mais produtivos e resistentes a pragas e doenças. A região centro oeste é a maior produtora de milho do Brasil, responderá por cerca de 46,6% do total a ser produzido, seguido do sul com 29,7%, isto grande parte pelo plantio de milho segunda safra (CONAB, 2015).

A cultura do milho tem grande exigência quanto a nitrogênio, por isso para altas produtividades necessita se de altas doses. Os fertilizantes nitrogenados além de alto custo e alto gasto energético para se produzir tem ainda outra desvantagem pelo fato de haver risco de contaminação ao meio ambiente. O nitrogênio atmosférico (N₂) representa quase 80% de todos os gases, porém não pode ser absorvido e assimilado, por isso a fixação biológica de nitrogênio (FBN) com o uso de microorganismo diazotróficos realiza a redução do N₂ em amônia (NH³) sendo assim absorvida pela planta favorecendo maior desenvolvimento das raízes, parte aérea, absorção de água e nutrientes, sendo uma forma barata e não poluente, porém ainda ha necessidade de adubação nitrogenada complementar (ROSCOE *et al*, 2010).

Há vários fatores que podem influenciar negativamente na produtividade da cultura do milho, como ataque de pragas e doenças, baixa fertilidade e degradação do solo estresse hídrico, nutrição, etc. O nutriente com maior resposta produtiva na cultura do milho é o nitrogênio, que pode ser disponibilizado as plantas de diversas formas como; presença de matéria orgânica no solo, fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes minerais nitrogenados (PACENTCHUK *et al.*, 2012).

A inoculação com *Azospirillum brasilense* se diferencia da adubação nitrogenada mineral pelo fato de não haver perdas do nitrogênio fixado. Mesmo assim o uso de fixadores biológicos de nitrogênio no milho ainda enfrenta problemas a serem resolvidos pelo fato das sementes virem tratadas industrialmente e para agilizar a semeadura acaba sendo deixando de lado a inoculação, por isso busca-se recomendar o uso via foliar, sendo mais pratico para aquele produtor que não pode realizar no momento da semeadura (BEREZOSKI *et al.*, 2012).

Recentemente há maior procura por inoculantes para cultura do milho, que são capazes de extrair o nitrogênio do ar e disponibilizá-lo à planta sem perdas por volatilização, estes produtos são promotores de crescimento e conseqüentemente promovem aumento de produtividade, por se tratar de baixo custo, já que os adubos nitrogenados estão com custos cada vez mais elevados e o produtor precisa reduzi-los, já que o preço da saca esta em baixa (ROSA *et al.*, 2012).

O uso de bactérias do gênero *Azospirillum* para fixação biológica de nitrogênio pode ocasionar maior economia e eficiência do uso de nitrogênio, criando assim um sistema de interação com o milho, esta simbiose poderá resultar em ganhos de produtividade e redução de custos e menor contaminação do meio ambiente (DOTTO *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito relacionado ao uso de inoculante foliar na cultura do milho comparado a diferentes fertilizantes foliares seguindo parâmetros de produtividade, peso de mil grãos.

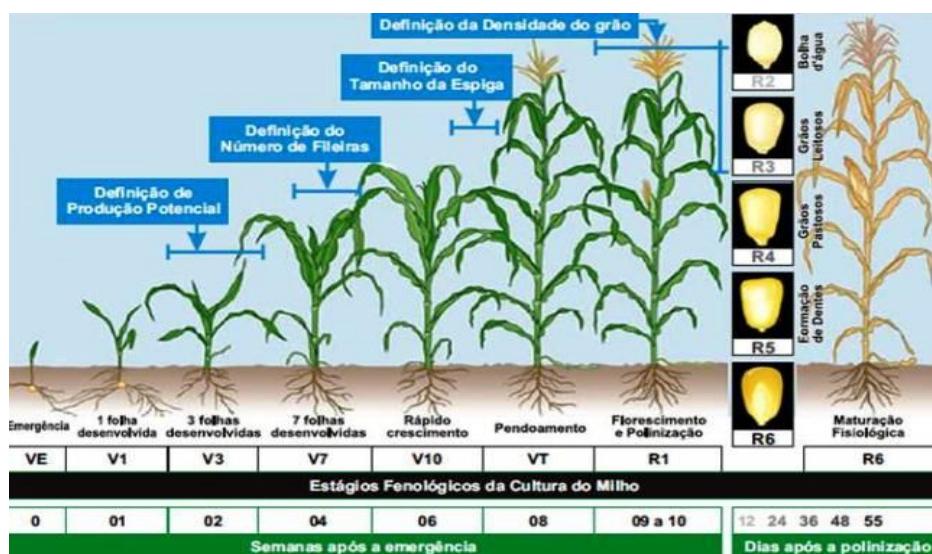
Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano de 2015, na unidade experimental da cooperativa COAGRU, situada na cidade de Ubatuba – PR, com latitude 24°33'06" Sul, 52°58'32" Oeste e uma altitude de 500 metros. A cultivar utilizada nesse trabalho foi AG 9010 convencional[®](AGROCERES[®]) considerado de ciclo super precoce na região com média de 125 dias na segunda safra, apresenta porte baixo e boa resistência a acamamento e certa estabilidade produtiva.

O delineamento foi inteiramente casualizados com parcelas de 2,6 x 4,0 metros totalizando 10,40 m², cada parcela constituído de 4 linhas com espaçamento de 65 cm entre as linhas, sendo cinco tratamentos com quatro repetições totalizando 20 parcelas, um total de 208 m². Os Tratamentos foram distribuídos na seguinte forma: Tratamento 1 - testemunha ; Tratamento 2 – inoculante *Azospirillum brasilense* (100 mLha⁻¹); Tratamento 3 – inoculante *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 ml ha⁻¹); Tratamento 4 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹); Tratamento 5 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 mL ha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹).

A semeadura foi realizada em fevereiro de 2015, conduzida manualmente, profundidade de semeadura de três centímetros, tendo uma população de 4 plantas por metro linear, conforme recomendado pela empresa. A adubação de base foi realizada com a formulação concentrada 10 – 15 – 15 de NPK, na dosagem de 310 kg.ha⁻¹ e adubação de cobertura com formulado concentrado de 45% de nitrogênio, na dosagem de 248 kg.ha⁻¹, dose essa segundo técnicos da cooperativa como próxima do ideal para desenvolvimento e expressão de um bom potencial produtivo para cultura.

Os tratamentos testados foram realizados com inoculante líquido a base de *Azospirillum brasilense* (estirpes Abv 5 e Abv 6) na concentração de 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹, o qual é recomendado 100 mLha⁻¹ + fertilizante a base de molibdênio (14%) e potássio (10%); e outro fertilizante a base de molibdênio (14%) e cobalto (1,5%), ambos recomendado na dose de 200 ml ha⁻¹. Todas as aplicações foram realizadas no mesmo dia, sendo 23 dias após a semeadura, em estágio v4 a v6, utilizando pulverizador costal adaptado de 4 pontas.



Adaptado de Fancelli (1986) e Iowa University Extension (1993).

Todos os tratamentos culturais durante o ciclo da cultura foram realizados com defensivos registrados na SEAB/PR para a cultura do milho, defensivos estes para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, através de pulverizador tratorizado.

A colheita foi realizada dia 07 de agosto de 2015, totalizando 167 dias, respeitando os critérios de colheita e debulha, sendo colhidas as 2 linhas centrais de 4 metros de comprimento e descontando as duas linhas externas consideradas como bordadura e corrigindo o teor de umidade para o teor de 14%, sendo avaliados parâmetros como produtividade, peso de mil grãos, utilizando-se do delineamento DIC e os dados submetidos à teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), onde as unidades experimentais são destinadas a cada tratamento de uma forma inteiramente casual, sendo utilizado 5 tratamentos com 4 repetições, totalizando 20 parcelas.

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios correspondentes à avaliação da massa de mil grãos e produtividade, em resposta aos tratamentos realizados.

De acordo com a Tabela 1 não houve diferença significativa para as variáveis produtividade e massa de mil grãos, mesmo apresentando incremento de produtividade, porém segundo Roscoe *et al.* (2010), os benefícios dos inoculantes em milho vão além de produção, ou seja, realizam fixação biológica de N promovendo melhor desenvolvimento do sistema radicular com benefícios adicionais como maior tolerância à seca, maior volume de solo explorado e maior absorção de nutrientes.

Tabela 1 - Massa de mil grãos de milho e produtividade com aplicações de inoculante *Azospirillum brasilense* e diferentes fertilizantes foliares à base de molibdênio e cobalto e molibdênio e potássio

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tratamentos	PROD.(kg ha ⁻¹)	P.1000 (g)
T1. Testemunha	7153,75 a	304,86 a
T2. Inoculante	7099,75 a	332,58 a
T3. Inoculante + fert. 14% MO e 1,5% CO	7356 a	310,18 a
T4. Inoculante + fert. 14% MO e 10% K	7395,5 a	322,74 a
T5. Inoculante + fert. 14% MO e 1,5% CO + fert. 14% MO e 10% K.	7866,5 a	317,39 a
Média	7374,3	317,55

CV %	7,94	11,08
F	1,072 ns	0,3784 ns
DMS	1278,57	76,87

Uma maior produtividade na cultura do milho com o uso de inoculante pode sim ser obtida, segundo Portugal *et al.* (2011), que conseguiu acréscimo de produtividade na ordem de 14,75%, isto se da pelo fato de o inoculante foliar *azospirillum brasilense* realizar alem de fixação biológica de N, maior absorção de nutrientes principalmente em áreas onde a cultura antecessora foi a soja, que é uma leguminosa eficiente na fixação biológica de nitrogênio, na qual disponibilizou maior residual deste nutriente para a cultura de milho.

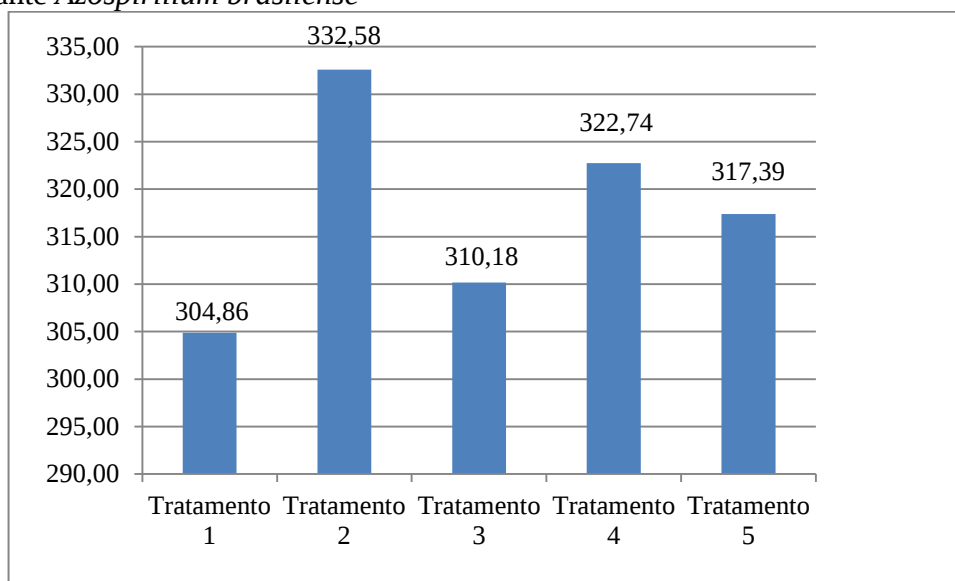
Para Kappes *et al.* (2013), que não conseguiu ganhos de produtividade no uso do inoculante via foliar na cultura do milho em sucessão a soja, isto se deve a vários fatores como genótipo, condições edafoclimáticas e estirpe da bactéria utilizada.

Segundo Gaspareto *et al.* (2007), que fez uso de fertilizante foliar a base de molibdênio e não obteve resultados significativos para produtividade e massa de mil grãos para cultura de milho, possivelmente pode ser pelo fato da aplicação ter sido aos 31 dias após emergência, tardia para correção de possível deficiência deste nutriente.

Para Diesel *et al.* (2009), o uso de molibdênio e cobalto deve ser primeiramente avaliada quanto á quantidade, forma de aplicação, condições de solo e fontes dos nutrientes, aliado a isto deve se realizar um diagnóstico para descobrir a necessidade da aplicação seguindo parâmetros como análise química do solo e folha, histórico da área e observações visuais sobre possíveis sintomas de deficiências destes nutrientes.

Pode-se observar no gráfico 1.o comparativo das médias da massa de mil grãos de milho (gr) com aplicações de inoculante *Azospirillum brasilense* e diferentes fertilizantes foliares a base de molibdênio e cobalto e molibdênio e potássio, sendo Tratamento 1 - testemunha ; Tratamento 2 – inoculante *Azospirillum* (100 mL ha⁻¹); Tratamento 3 – inoculante *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 mL ha⁻¹); Tratamento 4 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹); Tratamento 5 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 mL ha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹).

Gráfico 1 – Comparativo das médias da massa de mil grãos de milho com aplicações de inoculante *Azospirillum brasilense*



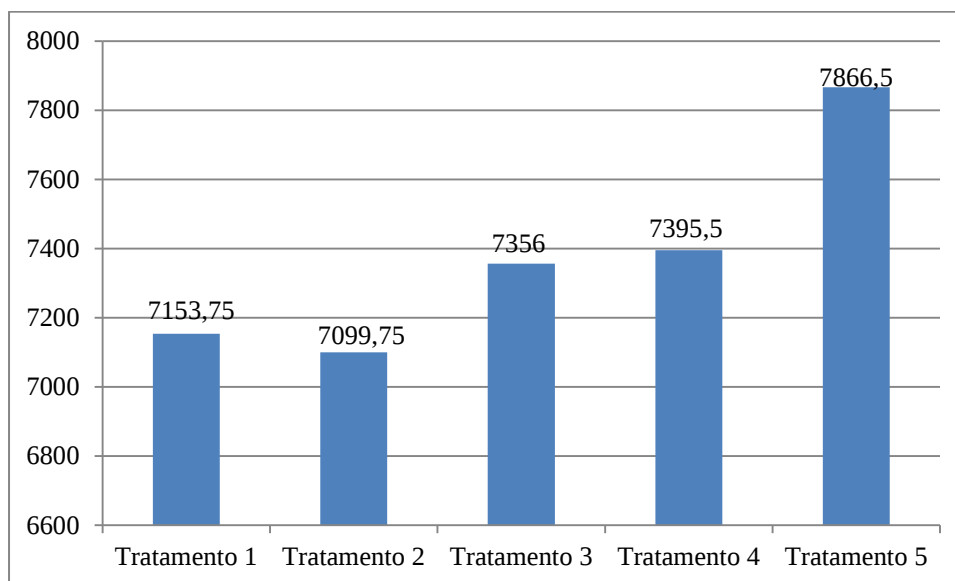
Dms: 76,87

No Gráfico 1, pode se observar que todos os tratamentos com inoculante obtiveram maior massa de mil grãos quando comparados com a testemunha, independente do foliar utilizado, segundo Berezoski *et al.* (2012), a aplicação de inoculante via foliar proporciona ganhos similares aos proporcionados via sementes, tornando se assim uma opção para o produtor que não a fez no momento do tratamento.

Segundo Martins *et al.* (2011), a aplicação de inoculante via foliar é uma ótima opção para gramíneas pois coincide com a época de aplicação do herbicida ou seja, com duas folhas verdadeiras (V2), otimizando a aplicação e época das chuvas, favorecendo a chegada mais rápida da bactéria no solo, porem ressalta que o melhor método de inoculação é via semente.

No gráfico 2 observa-se um comparativo das médias da produtividade de milho (Kg ha⁻¹) com aplicações de inoculante *azospirillum brasilense* e diferentes fertilizantes foliares a base de molibdênio e cobalto e molibdênio e potássio, sendo Tratamento 1 - testemunha ; Tratamento 2 – inoculante *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹); Tratamento 3 – inoculante *Azospirillum brasilense* (100 mLha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 mL ha⁻¹); Tratamento 4 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹); Tratamento 5 – inoculante *Azospirillum brasilense* + fertilizante foliar a base de molibdênio e cobalto (200 mL ha⁻¹) + fertilizante foliar a base de molibdênio e potássio (200 mL ha⁻¹).

Gráfico 2 – Médias de produtividade do milho com aplicação de inoculante *azospirillum brasilense*.



DMS: 1278,57

Neste gráfico verifica-se que o T5 foi superior aos demais, pois neste havia uma associação de fertilizantes foliares, sendo que apresentou 7.866,5 Kg ha⁻¹ seguido do T4 (7.395,5 Kg ha⁻¹), T3 (7.356 Kg ha⁻¹), T1 (7.153,75 Kg ha⁻¹), T2 (7.099,75 Kg ha⁻¹), sendo que o T5 apresentou 712,75 Kg ha⁻¹ a mais que a testemunha, 766,75 Kg ha⁻¹ que o T2, 510,5 Kg ha⁻¹ que o T3, 471 Kg ha⁻¹ que T4, porém onde foi utilizado apenas inoculante (T2) quando comparado com a testemunha (só N) foi avaliado uma perda de produtividade, isto segundo Junges *et al.* (2013), a inoculação com *Azospirillum brasilense* não proporcionou ganhos de produtividade em relação à testemunha com adubação nitrogenada de cobertura, salientando que a utilização de inoculante de forma isolada não agrega em ganhos e não substitui a aplicação nitrogenada de base e ou de cobertura.

Conclusão

Não houve interação significativa quanto ao uso de inoculante *Azospirillum brasilense* via foliar na cultura do milho quando comparado a diferentes fertilizantes foliares tanto para produtividade quanto para massa de mil grãos. Mesmo não sendo significativo, é viável a utilização de inoculante na cultura do milho, pois apresenta maior rendimento na produtividade, pois em todos os tratamentos onde havia o uso de inoculante com associação de fertilizante foliar houve ganhos na produtividade, sendo o T5 o melhor tratamento utilizado.

Referências

BEREZOKI, R; NOVAKOWISKI, H. J; FOLLMANN, D. D; ZAMBONIN, G; SIEGA, P; ROSA, T. F. **Aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho via semente, foliar ou sulco de semeadura.** Guarapuava, PR, 2012.

CHIQUITO, R. N; PACENTCHUK, F; DECZKA, H. J; TUROK, N. D. J; ZANOVELLO, C.R; FREITAS, T. A; SANDINI, E.I. **Bioestimulantes e inseticidas no tratamento de semente na cultura do milho.** Guarapuava, PR, 2012.

Conab (Companhia brasileira de abastecimento) **acompanhamento de safra brasileira de grãos v.2 safra 2014\ 2015 n.12 décimo segundo levantamento, p. 83- 94, setembro 2015** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 05 out. 2015.

DIESEL, P; SILVA, T. A. C; SILVA, B. R.T; NOLLA, A. **Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da soja.** São João, PR, 2009.

DOTTO, R. L; VIEGAS, J; MARTIN, N. T; SKONIESKI, R. F; MINGOTTI, A. C. C; MORO, G; COSTA, L. L; CASSOL, L. S. **Adubação nitrogenada e utilização de inoculante *azospirillum brasilense* na produção de milho.** Erechim, RS, 2012.

Embrapa milho e sorgo (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária) **sistema de produção 1 versão eletrônica 8º edição out. 2012** disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm. Acesso em: 20 mai. 2015.

GASPARETO, D; RIBON, A. A; HERMOGENES, L. T. V; FERNANDES, L. K. **Efeito de doses de nitrogênio e molibdênio na produtividade do milho híbrido em Campo Grande-MS.** Campo Grande, MS, 2007.

JUNGES, B. A; MAJESKI, D; ALVES, B. C; PETEAN, P. L. **Influência do *azospirillum brasilense* na cultura do milho em diferentes modos de aplicação.** Campo Mourão, PR, 2014.

KAPPES, C; ZANCANARO, L; LOPES, A. A; KOCH, V. C; FUJYMOTO, R. G; FERREIRA, N. E. V. **Aplicação foliar de *azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha.** Itiquira, MT, 2013.

MARTINS, D. A. F; ANDRADE, T. A; CONDÉ, T. B. A; GODINHO, B. D; CAIXETA, G. C; COSTA, L. R; POMELA, V. W. A; SOARES, S. M. C. **Avaliação de híbridos de milho inoculados com *azospirillum brasilense*.** Patos de Minas, MG, 2011.

PACENTCHUK, F; BAZZANEZI, N. A; DECZA, H; VIDAL, V; CHIQUITO, R. N; ROYER, R. **Aplicação de *Azospirillum brasilense* com diferentes formas, doses e taxas de aplicação na cultura do milho.** Guarapuava, PR, 2012.

PORTUGAL, R. J; ARF, O; LONGUI, V. W; GITTI, C. D; BARBIERI, F. K. M; GONZAGA, R. A; TEIXEIRA, S.D. **Inoculação com *azospirillum brasilense* via foliar associado á doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.** Guarapuava, PR, 2012.

ROSA, T. F; PACENTCHUK, F; TUROK, N. D. J; MATCHULA, G. L; ZANOVELLO, C. R; LANGE, T. E; SANDINI, E. I. **Avaliação da aplicação via foliar de taxas e doses de *azospirillum brasilense* na cultura do milho.** Guarapuava, PR, 2012.

ROSCOE, M; MIRANDA, S. A. R. **Fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento em milho safrinha.** Maracaju, MS, 2010.