

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL



**INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO
COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO**

Lucas Tadeu Mazza Revolti
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO
COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO**

**Lucas Tadeu Mazza Revolti
Engenheiro Agrônomo**

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO
COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO**

Lucas Tadeu Mazza Revolti

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Vitti Mõro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

2014

Revolti, Lucas Tadeu Mazza
R454i Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum
brasilense* em milho / Lucas Tadeu Mazza Revolti. -- Jaboticabal,
2014
v, 46p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Gustavo Vitti Mõro
Banca examinadora: Domingos Fornasieri Filho, Marcelo Marchi
Costa
Bibliografia

1. *Zea mays*. 2. Bactéria diazotrófica. 3. Caracteres agronômicos.
4. Nitrogênio. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias.

CDU 631.52:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

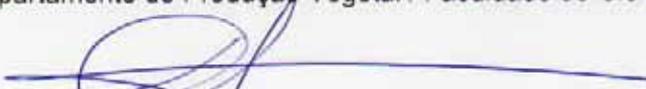
TÍTULO: INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO

AUTOR: LUCAS TADEU MAZZA REVOLTI

ORIENTADOR: Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÔRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS) , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÔRO
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DOMINGOS FORNASIERI FILHO
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. MARCELO MARCHI COSTA
Dow AgroSciences / Jardinópolis/SP

Data da realização: 29 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lucas Tadeu Mazza Revolti - Nascido em 09 de julho de 1988, em Ribeirão Preto-SP. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (FCAV/UNESP), em fevereiro de 2007. No mesmo ano, iniciou estágio no Departamento de Produção Vegetal da FCAV na área de Genética e Melhoramento de Plantas com a cultura da soja, realizando iniciação científica, sendo bolsista FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e concluindo o trabalho de conclusão de curso em 2012. Como aluno de graduação foi Diretor Administrativo, Diretor do Conselho-Administrativo e Diretor Vice-Presidente da CAP Jr, Empresa Júnior da FCAV. Foi integrante do GIEU – Grupo Integração Empresa Universidade, participando da organização de diversos cursos e realizando trabalhos voluntários. Em 2011 estagiou na “University of Kentucky” em Lexington-KY, Estado Unidos, onde pode trabalhar na área de Genética e Melhoramento de Plantas com a cultura do trigo. Cumpriu o estágio curricular obrigatório no segundo semestre de 2012 na Empresa Dow AgroSciences do Brasil, em Indianópolis-MG, trabalhando com a cultura do milho. Obteve o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2013. Em Março do mesmo ano iniciou o curso de Pós-Graduação, nível de Mestrado, em Agronomia no Programa de Genética e Melhoramento de Plantas com a cultura do milho, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Câmpus de Jaboticabal (FCAV/UNESP), sendo bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tendo como orientador o Professor Dr. Gustavo Vitti Môro. Finalizou a dissertação em Julho de 2014, obtendo o título de Mestre em Agronomia com ênfase em Genética e Melhoramento de Plantas.

"Sou um só, mas ainda assim sou um. Não posso fazer tudo, mas posso fazer alguma coisa. E, por não poder fazer tudo, não me recusarei a fazer o pouco que posso "

"O que eu faço, é uma gota no meio de um oceano. Mas sem ela, o oceano será menor."

Madre Teresa de Calcutá

Aos meus avós

João (in memorian) e Yolanda Mazza

Santina e Domingos Revolti (in memorian)

DEDICO

Aos meus pais

Elaine e Sérgio

À minha irmã

Paola

À minha namorada

Amanda

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, Santa Izildinha, São Lucas, São José e Nossa Senhora Aparecida por sempre me acompanharem, por me darem força para superar todos os obstáculos e por abençoarem sempre o meu caminho.

Aos meus pais, Elaine e Sérgio, pela vida, educação, amor, apoio, conselhos, paciência e por toda a estrutura que me deram para me tornar a pessoa que sou hoje.

À todos os meus familiares, em especial a minha irmã Paola pelo apoio e amizade.

À minha namorada Amanda Schimidt Célico, por todos esses ótimos anos de companheirismo, amizade, dedicação, ajuda, apoio, carinho, conselhos e paciência.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mequista Filho” – Câmpus de Jaboticabal, a qual respeito muito, por toda a estrutura oferecida, por todos esses anos vividos dentro da Universidade e pela realização da Pós Graduação em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Gustavo Vitti Môro que além da orientação, ensinamentos, confiança, se tornou um amigo e me proporcionou a realização deste trabalho e de mais uma etapa na minha vida.

Aos meus companheiros de trabalho, pós-graduandos, graduandos e todos que trabalharam comigo nesse período do Mestrado, proporcionando novos aprendizados e momentos alegres, principalmente ao Kauê Charnai, Rodolfo Buzinaro, Camila Baptista do Amaral e Silviane Santiago pelo trabalho realizado, dedicação e disponibilidade, não importando a “hora”, pelas muitas conversas e momentos felizes.

Ao Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, pelas conversas, conselhos, brincadeiras e por sempre acreditar em meu trabalho e participar na minha formação profissional.

À Dow AgroSciences do Brasil, site de Indianópolis-MG, todos seus colaboradores, principalmente ao Renato Pereira, André Brito, Aline Mariano, Luiz Rodrigues, Fábio e Washington, que foram muito importantes na minha formação e um incentivo para que eu realizasse o Mestrado.

Aos pesquisadores Dr. Marcelo Marchi Costa e Alexandre Takahashi pelos ensinamentos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Mônica, Rubens (Faro), Sebastião, Gabi, Osmar, Mauro, Geraldo e Faco pela convivência.

À todos os professores e funcionários da Unesp/Jaboticabal que contribuíram para minha formação e à todas as pessoas que de alguma forma foram importantes para execução deste trabalho e por mais uma etapa vencida em minha vida.

Meus sinceros Agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Produtividade de grãos e componentes da produção.....	14
4.2 Caracteres da planta.....	19
5. CONCLUSÕES.....	34
6. REFERÊNCIAS.....	34

INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO

RESUMO – O milho é um dos principais cereais cultivados em todo território mundial, é utilizado como fonte para alimentação humana, animal e como matéria prima para a indústria. Trata-se de uma cultura bastante influenciada pelo nitrogênio, o qual é considerado fundamental para o aumento de produtividade de grãos. Há a necessidade de incorporar tecnologias para a racionalização e conscientização do uso dos fertilizantes nitrogenados. Uma das alternativas é a utilização de bactérias diazotróficas capazes de disponibilizar o nitrogênio para a planta de milho, possibilitando o incremento na produtividade de grãos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a ocorrência de interação da inoculação com a bactéria do gênero *Azospirillum brasilense* em diferentes genótipos de milho, na ausência e na presença de nitrogênio em cobertura, para diferentes caracteres agronômicos. O experimento foi realizado no delineamento de blocos ao acaso, utilizando diferentes genótipos de milho, formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura. Avaliou-se a produtividade de grãos, os componentes da produção e os caracteres da planta. Observou-se efeito da inoculação para a produtividade de grãos na ausência de nitrogênio, enquanto que para os outros caracteres este efeito variou de acordo com a dose de nitrogênio utilizada em cobertura. Os caracteres produtividade de grãos e teor de nitrogênio apresentaram interação genótipo vs formas de inoculação significativa na ausência de nitrogênio em cobertura e os caracteres altura da planta, diâmetro do colmo, índice relativo de clorofila e posição relativa da espiga na presença de nitrogênio em cobertura. Como a resposta à inoculação varia em função dos genótipos, é interessante delinear programas de melhoramento para o desenvolvimento de genótipos mais responsivos.

Palavras-chave: *Zea mays*, bactérias diazotróficas, caracteres agronômicos, nitrogênio.

INTERACTION GENOTYPE VS FORMS OF INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense* IN MAIZE

ABSTRACT – Maize is one of the most important cereals grown worldwide and it is used as a source for human and animal food and as feedstock for industry. It is a culture heavily influenced by nitrogen, which one is considered essential for increasing the grain yield. It is necessary to incorporate technologies to rationalize and to become aware of the use of nitrogen fertilizers. One alternative is the use of diazotrophic bacteria, which one is able to provide nitrogen for the maize plant enabling the increasing in grain yield. The objective of this study was to evaluate the occurrence of interaction of the inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum brasilense* in different maize genotypes in the absence and presence of topdressing nitrogen for different agronomic traits. The experiment was conducted in completely randomized block designed. It was used different maize genotypes under different doses of topdressing nitrogen and inoculation forms of *Azospirillum brasilense*. The grain yield, yield components and plant traits were evaluated. In the absence of topdressing nitrogen, it was observed effect of the inoculation for the grain yield. However, for the other agronomic traits, the effect of the inoculation varied according to the doses of topdressing nitrogen. The grain yield and nitrogen content showed significance of the interaction genotype vs forms of inoculation in the absence of topdressing nitrogen and plant height, culm diameter, relative chlorophyll index and relative position of the ear, showed the interaction in the presence of nitrogen topdressing. The inoculation varies in function of the genotypes, so it is interesting to delineate breeding programs for the development of more responsive genotypes.

Key-words: *Zea mays*, diazotrophic bacteria, agronomic traits, nitrogen.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância para produtividade de grãos e componentes da produção, nas doses de 0%, 50% e 100% de nitrogênio em cobertura, em genótipos de milho	16
Tabela 2. Caracteres dos componentes da produção que apresentaram significância para efeito da inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> na dose de 0% de nitrogênio.....	17
Tabela 3. Caracteres dos componentes da produção que apresentaram significância para efeito da inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> na dose de 100% de nitrogênio.....	18
Tabela 4. Interação genótipo vs formas de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> para o caráter produtividade de grãos que apresentou significância na análise de variância na dose de 0% de nitrogênio	19
Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância para os caracteres da planta, nas doses de 0%, 50% e 100% de nitrogênio, em genótipos de milho.	21
Tabela 6. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> na dose de 0% de nitrogênio.....	24
Tabela 7. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> na dose de 50% de nitrogênio.....	25
Tabela 8. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> na dose de 100% de nitrogênio....	26
Tabela 9. Interação genótipo vs formas de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 0% de nitrogênio.....	27
Tabela 10. Interação genótipo vs formas de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 50% de nitrogênio.....	29
Tabela 11. Interação genótipo vs formas de inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 100% de nitrogênio.....	30

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 0% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos	31
Figura 2. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 50% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos.....	32
Figura 3. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 100% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos.....	33

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), um dos principais cereais cultivados em todo território mundial, é utilizado como fonte para alimentação humana, animal e como matéria prima para a indústria. No Brasil, este cereal apresenta posição de destaque quanto ao valor da produção agropecuária, área de cultivo e volume produzido (CONAB, 2014). Trata-se de uma cultura bastante influenciada pelo nitrogênio (N), considerado fundamental para o aumento de produtividade de grãos. (FERNANDES; LIBARDI; TRIVELIN, 2008; NOVAKOWISKI et al., 2011), além de ser um dos insumos mais poluidores e caros na produção da cultura do milho (CANTARELLA, 2007).

Diante do elevado custo econômico e do risco ambiental do N associado as exigências de aumento da demanda por alimentos, há a necessidade de incorporar, tecnologias para a racionalização e conscientização do uso dos fertilizantes nitrogenados (DARTORA et al., 2013). Uma das alternativas é a utilização de bactérias diazotróficas capazes de disponibilizar o N para a planta do milho possibilitando o incremento na produtividade de grãos (BARTCHECHEN et al., 2010).

Aumentos em produtividade de grãos na cultura do milho quando inoculadas com *Azospirillum brasilense* foram observados em diversos estudos (CAVALCANTI ALVES, 2007; BARROS NETO, 2008; BRACCINI et al., 2008; BARTCHECHEN et al., 2010; FIORI et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2012; PICCININ et al., 2013).

Dentre os micro-organismos fixadores de N, observados em associações com raízes do milho, tem-se os do gênero *Azospirillum*. A utilização deste tipo de bactéria é promissora, pois os micro-organismos, atuam no aumento de disponibilidade de N para a planta, produzindo também auxinas, possibilitando reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho (REIS, 2007).

O genótipo da planta pode influenciar a eficiência da fixação de N, sendo assim, medidas como: identificação, seleção e utilização de genótipos de milho menos exigentes em N e eficientes na aquisição deste elemento são consideradas medidas importantes (REIS JÚNIOR et al., 2000).

Há também, interação entre genótipo da planta e estirpe inoculada (SALA et al., 2005), já que a resposta à inoculação pode ser influenciada por características genéticas das plantas e pelas condições do meio (BASHAN e DE-BASHAN, 2010).

Diante do citado, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocorrência de interação da inoculação com a bactéria do gênero *Azospirillum brasilense* em diferentes genótipos de milho, na ausência e na presença de nitrogênio em cobertura, para diferentes caracteres agronômicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A espécie *Zea mays* L. ssp. é politépica, sendo provavelmente a espécie de maior variabilidade genética entre as plantas cultivadas. Há variabilidade genética para praticamente todos os caracteres da planta e a manutenção dessa variabilidade se dá pelo estabelecimento de bancos de germoplasma, os quais mantêm a diversidade de tipos individualizados e sob condições controladas de raças (FORNASIERI FILHO, 2007).

O Brasil ocupa o terceiro lugar em termos de produção mundial de milho, ficando atrás dos Estados Unidos e da China de acordo com o United States Department of Agriculture com relação a safra mundial de milho 2013/14. Estima-se uma produção global de 973,9 milhões de toneladas, com um aumento de 12,3% em relação à safra anterior e as exportações mundiais estimadas em 119,4 milhões de toneladas (USDA, 2014).

A área brasileira cultivada de milho para a safra 2013/14, primeira e segunda safra, está estimada em 15.726,3 mil de ha (CONAB, 2014). Para o milho primeira safra nacional, a área semeada deverá atingir aproximadamente 6.695,1 hectares. Para o milho da segunda safra, os indicativos revelam que o cereal está ganhando espaço para o plantio posterior a soja. Na agricultura moderna, para obter altos rendimentos

nos cultivos de cereais são necessárias grandes quantidades de fertilizantes, com destaque aos nitrogenados (CAVALLET et al., 2000).

O nitrogênio (N) é necessário para o funcionamento adequado das plantas, participando dos nucleosídeos de fosfato e aminoácidos (DOBBELAERE e OKON, 2007). Uma alternativa para alcançar altas produtividades de milho, com menor consumo de fertilizantes nitrogenados, é a inoculação de sementes com bactérias que têm a capacidade de fornecer nitrogênio às plantas. A fixação biológica do nitrogênio é feita por representantes de vários grupos filogenéticos bacterianos, os chamados diazotróficos (MOREIRA et al., 2010). Tais bactérias podem contribuir para o crescimento vegetal pelas características: fornecimento de nitrogênio, produção de fitormônios, solubilização de fosfatos, (PEDRINHO, 2009), aumentam a atividade da redutase do nitrato quando crescem de forma endofítica nas plantas (CASSÁN et al., 2008), além de funcionarem como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008). Chavarria e De Melo (2011) relatam que a utilização de microorganismos nas práticas agrícolas tem se tornado crescente, já que a adubação nitrogenada representa elemento importante nos custos de produção.

A inoculação com bactérias diazotróficas pode alterar a morfologia do sistema radicular, número de radículas e diâmetro das raízes, provavelmente devido à produção de substâncias promotoras de crescimento (auxinas, giberelinas e citocininas) e não apenas pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) (CAVALLET et al., 2000). A produção de fitormônios auxilia no crescimento das plantas, podendo modificar a morfologia das raízes, o que possibilita maior volume de exploração do solo e assim, maior captação de nutrientes (SILVA; ARRUDA; BACH, 2004), maior tolerância a salinidade, seca (BASHAN; HOLGUIN; DE-BASHAN, 2004) e a agentes patogênicos de plantas (CORREA et al., 2008), resultando em plantas mais produtivas (HUNGRIA, 2011).

O processo de simbiose de *Azospirillum* spp. na cultura do milho, possibilita aumentos de produtividade e diminuição nos custos de produção (OKON e VANDERLEYDEN, 1997).

Ensaios desenvolvidos pela Embrapa Soja testando diferentes estirpes de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho demonstraram que a inoculação

proporcionou incrementos de 24 à 30% no rendimento de grãos, da mesma cultura, em relação ao controle sem inoculação (HUNGRIA et al., 2010).

No Brasil, destaca-se como a principal espécie de bactéria para a cultura do milho o *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA, 2011). As bactérias desse gênero são consideradas de vida livre, capazes de auxiliar no crescimento das plantas e promover aumentos de colheitas em muitas culturas de interesse econômico (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003).

Bactérias associativas, como o *Azospirillum*, excretam somente uma parte do nitrogênio fixado para a planta associada e, desta maneira, o processo de fixação biológica supre apenas uma parte da necessidade das plantas, diferente do que ocorre com plantas leguminosas. Então além da fixação de nitrogênio proveniente das bactérias associativas, tem-se a necessidade da adubação nitrogenada para que a planta obtenha todo o nitrogênio necessário para o seu desenvolvimento (HUNGRIA, 2011).

Resultados de laboratório indicam que, provavelmente, o efeito benéfico do *Azospirillum* se deve a obtenção de plantas com raízes mais longas e plântulas maiores, as quais apresentam um crescimento inicial mais rápido. Em experimentos de campo também foram observadas mais raízes (54%), maior quantidade de matéria seca na parte aérea (28%) e maior rendimento de grãos (7,1% - média de 221 locais), principalmente devido ao maior número de grãos, pois não houve alteração no peso médio dos grãos (HUNGRIA, 2011).

Os resultados de estudos com inoculação desse micro-organismo na cultura do milho são contraditórios. Aparentemente, o que se verifica é que existem diferentes formas de realizar a inoculação, sendo as principais diretamente nas sementes, no sulco de semeadura ou no solo quando a planta já se encontra em desenvolvimento. Dentre as causas da variação dos resultados disponíveis, pode-se inferir que talvez exista efeito dos fungicidas e inseticidas aplicados nas sementes comerciais sobre o *Azospirillum*, a fase da cultura influencie na resposta, ou ainda, que exista resposta diferencial dos genótipos utilizados.

Com relação à interação genótipos vs formas de inoculação, sugere-se que há uma resposta diferenciada dos genótipos de acordo com a forma de inoculação utilizada. Reis Júnior et al. (2000) destacam que ao relacionar FBN em espécies não leguminosas, o efeito do genótipo da planta sobre a fixação de N é expressivo. Sendo assim, medidas como identificação, seleção e uso de genótipos de milho menos exigentes para o elemento N, são ferramentas importantes.

Salomone e Dobereiner (1996) avaliando diferentes genótipos de milho inoculados com *Azospirillum* obtiveram respostas diferenciadas quanto à inoculação sob o rendimento na produção, destacando que existem variações nas interações entre genótipos de milho e bactérias diazotróficas.

Programas de melhoramento genético em milho objetivam, mesmo que de forma indireta, o incremento da produção de grãos. No entanto, existem dificuldades que são encontradas ao trabalhar com este caráter, sendo uma delas a natureza quantitativa (JUGENHEIMER, 1976).

A produção de grãos é controlada por grande número de locos que possuem pequenos efeitos individuais sobre o fenótipo, e conseqüentemente este caráter sofre elevado efeito do ambiente (GELDERMANN, 1975; COMSTOCK, 1978; PATERNIANI, 1993).

Bento (2006) descreve que a produção de grãos, para a cultura do milho, está relacionada diretamente a uma série de caracteres, os denominados componentes da produção, sendo esses: prolificidade ou número de espigas por planta, peso médio do grão, número de fileiras de grãos na espiga e número de grãos por fileira, comprimento e profundidade de grãos, este último referindo-se à diferença entre os valores encontrados nos diâmetros da espiga e do sabugo.

De acordo com Bento, Ramalho e Souza (2003) a prolificidade, com relação ao coeficiente de herdabilidade, varia entre 12% e 79,2%, sendo que, em geral, ficam em torno de 70%. As estimativas de coeficientes de correlação genética entre prolificidade e produção de grãos demonstram valores com frequência acima de 0,80 (ALVES; RAMALHO; SOUZA, 2002). Plantas prolíficas possuem maior resistência a estresse

hídrico (UNDERSANDER, 1987), suportam maiores densidades populacionais e apresentam menores números de plantas sem espigas (DUVICK, 1974).

Com relação aos caracteres: número de fileiras de grãos e número de grãos por fileira da espiga, ambos interferem o caráter produtividade de grãos (OTTAVIANO e CAMUSSI, 1981). Os valores de coeficiente de herdabilidade estão em torno de 70% para o número de grãos por fileira (BEAVIS et al., 1994; ARIAS; SOUZA JÚNIOR; TAKEDA, 1999; AGUIAR, 2003) e para o número de fileiras de grãos na espiga de 57% de acordo com Hallauer e Miranda Filho (1988), até 94% (WOLF; PETERNELLI; HALLAUER, 2000; AGUIAR, 2003). A estimativa de coeficientes de correlação genética entre produção de grãos e número de grãos por fileira varia entre 0,43 e 0,73 (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988; ARIAS; SOUZA JÚNIOR; TAKEDA, 1999; AGUIAR, 2003). Já o coeficiente de correlação genética entre produção de grãos e número de fileiras por espiga apresentou valores menores que 0,24 (SALAZAR; HALLAUER, 1986; HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988; HOLTHAUS; LAMKEY, 1995; ARIAS; SOUZA JÚNIOR; TAKEDA, 1999; AGUIAR, 2003). Estimativas de coeficientes de correlação genética entre peso médio do grão e produção de grãos e coeficientes de herdabilidade para o peso médio dos grãos, situam-se entre 0,05 e 0,43 e acima de 80%, respectivamente (HOLTHAUS; LAMKEY, 1995; AUSTIN; LEE, 1998; AGUIAR 2003).

Caracteres relacionados às dimensões de espiga como comprimento da espiga, diâmetro da espiga e do sabugo e profundidade de grão, também interferem na produção de grãos.

Também a altura da planta e altura de espigas apresentam correlação positiva com a produtividade (RAMALHO, 1993). A relação inserção da espiga principal/estatura da planta, quando for de alta magnitude pode provocar o acamamento por diminuir o centro de gravidade da planta (LI et al., 2007). O acamamento, que Pinthus (1973) define como um estado permanente da modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, se intensifica, quando o primeiro e o segundo entrenós, da porção basal do colmo apresentam maior comprimento, quando comparados aos genótipos com entrenós basais de menor comprimento. Smith e White (1988) relatam que, o

acamamento pode afetar a produtividade da cultura do milho, resultando em perdas anuais de 5 a 20% na produção da cultura.

O acamamento pode causar a ruptura dos tecidos e assim interrompe a vascularização do colmo, impedindo a recuperação da planta. Além disso, afeta também a estrutura morfológica, fundamental para o transporte de água e nutrientes e, ao se manifestar mais cedo no ciclo de vida da planta, menores serão os rendimentos e a qualidade dos grãos (ZANATTA e OERLECKE, 1991). Federizzi, Fantini e Carvalho (1994) ressaltam que os efeitos resultantes do acamamento sobre a produtividade de grãos estão relacionados ao tipo de genótipo, da severidade e do tempo de ocorrência. Quando o acamamento ocorre, as espigas apresentam menor peso e algumas deixam de ser colhidas mecanicamente, acarretando em maior prejuízo ao produto devido à maior demanda de tempo requerido na colheita (MORAES; DE BRITO, 2011).

Outro caráter importante é o diâmetro do colmo, por atuar como órgão de reserva de sacarose (MAGALHÃES; DURÃES; PAIVA, 1995), além de possuir correlação positiva com a produtividade (CRUZ et al., 2008). Todo carboidrato disponível é utilizado para a formação de novas folhas, raízes e colmo, e assim o armazenamento de fotoassimilados ocorre após o crescimento vegetativo e antes do início do enchimento de grãos (MAGALHÃES; DURÃES; PAIVA 1995). Quando o aparato fotossintético não produz fotoassimilados suficientemente, para a manutenção dos tecidos, a maior demanda requerida pelos grãos por esses produtos leva os tecidos das raízes e da base do colmo a senescerem precocemente, o que vem a fragilizar essas regiões (FONTOURA et al., 2006), tornando-o susceptível ao quebramento (CRUZ et al., 1996).

O intervalo entre o florescimento masculino e feminino (IF), também conhecido como intervalo antese-espigamento (ASI) (TEIXEIRA et al., 2010; ARAUS; SANCHES; EDMEADES, 2011), é utilizada para a seleção de genótipos tolerantes à deficiência hídrica, por o déficit hídrico exercer alta influência sob a floração (CAMPOS et al., 2004).

Plantas que possuem aumento de IF sob deficiência hídrica são, geralmente, estéreis, ou apresentam poucos grãos por espiga, que pode ser acentuado por fatores

climáticos como altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (CARDOSO et al., 2010; ARAUS; SANCHES; EDMEADES, 2011).

O aumento no IF gera redução no rendimento de grãos (TEIXEIRA et al., 2010). Baixo valor de IF demonstra um sincronismo no florescimento, que pode ser entendido como adaptação a um dado estresse, associado ao rendimento de grãos sob condições distintas (DURÃES et al., 2002).

A fotossíntese, processo fisiológico que se baseia na captura de energia solar e subsequente transformação bioquímica, influencia na produtividade vegetal (FLOSS, 2004). Os cloroplastos, organelas intracelulares, apresentam estrutura fotossintetizadora denominada clorofila, a qual é responsável pela captura da luz utilizada na fotossíntese. As clorofilas estão relacionadas a eficiência fotossintética das plantas, o que está intimamente relacionado ao crescimento e adaptação aos ambientes distintos.

Para a medição do índice relativo de clorofila na folha, utiliza-se o medidor portátil de clorofila. Os valores são obtidos com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de onda, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989). Segundo Hendry (1993) as regiões de absorbância da clorofila são o azul e o vermelho. As regiões de baixa absorbância estão situadas na região do verde e as extremamente baixas na região do infravermelho. Diante disto, escolhe-se os comprimentos de onda na faixa do vermelho (650 nm), uma vez que a absorbância pela clorofila é alta e não é afetada pelos carotenóides e na região do infravermelho (940 nm), em que a absorbância é bastante baixa. Ao utilizar o comprimento de onda de 650 nm, verifica-se que este está próximo aos dois comprimentos primários de ondas que estão associados à atividade da clorofila (645 e 663 nm). Já o comprimento de 940 nm é usado como referência interna para compensar variações na espessura ou ainda na quantidade de água presente na folha (WASKOM et al., 1996).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, câmpus de Jaboticabal/SP, localizada na Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, no município de Jaboticabal – SP a uma altitude média de 575 metros acima do nível do mar. O relevo é caracterizado como suave ondulado e sua localização geográfica é definida: latitude 21° 15' 22''S e longitude 48° 18' 58'' WG.

O clima é definido como tropical com inverno seco, e classificado como Aw de acordo com o Sistema Internacional de Classificação de Koppen (1931). A pluviometria média anual é de 1.425 mm, com concentração de chuvas no verão. O tipo de solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico.

Foram utilizados quatro genótipos de milho, representados por duas variedades sintéticas experimentais (DSS-0402 e DSS-0404) e dois híbridos simples comerciais (2B707 PowerCore e AG7098 PRO 2). O inoculante foi o produto Qualifix Graminea (*Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6, concentração 5×10^8 células/mL), nas doses recomendadas pelo fabricante, sendo 100 mL/20 Kg de sementes para inoculação via semente e 500 mL/ha para pulverização no solo.

A semeadura ocorreu em 28/01/2013 no delineamento de blocos ao acaso em faixas com três repetições, utilizando semeadora de parcelas e, para adubação de base, foram utilizados 350 kg/ha da fórmula 8-28-16. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,33 m entre plantas, representando uma população de 64.000 plantas/ha. Como parcela útil foram utilizadas as duas linhas centrais.

Nas faixas foram utilizadas diferentes formas de inoculação com *Azospirillum brasilense*, sendo:

- **Faixa 1:** inoculação em pulverização sobre o sulco de semeadura logo após o término da semeadura,

- **Faixa 2:** inoculação em pulverização sobre o solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5,
- **Faixa 3:** inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado,
- **Faixa 4:** inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado + pulverização sobre o solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5,
- **Faixa 5:** testemunha: sem aplicação de inoculante.

O experimento foi repetido em três doses de N em cobertura (estádio V3 à V5), com 0, 50 e 100% da necessidade da cultura, correspondendo a 0, 80 e 160 kg de N/ha (uréia). Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

Produtividade de grãos e componentes da produção

- **Produtividade de grãos (PG):** obtida por meio da pesagem dos grãos de cada parcela, corrigindo-se a umidade para 13% e convertida para toneladas por hectare (ton/ha);
- **Comprimento da espiga (CE):** medição feita com régua graduada, utilizando-se seis espigas por parcela, expresso em cm;
- **Diâmetro da espiga (DE):** medição feita no centro da espiga, com o auxílio de um paquímetro digital, utilizando-se seis espigas por parcela, expresso em mm;
- **Número de fileiras de grãos na espiga (NF):** contagem do número de fileiras de grãos existentes na espiga, utilizando-se uma amostra de seis espigas por parcela;

- **Número de grãos por fileira na espiga (NGF):** número de grãos existentes na fileira da espiga, utilizando-se uma amostra de seis espigas por parcela;
- **Peso médio de 500 grãos (PMÉDIO):** peso de 500 grãos de cada parcela expresso em gramas (g);
- **Prolificidade (PROL):** obtida através da razão entre o número de espigas colhidas na parcela pelo número de plantas na parcela, realizado antes da colheita;
- **Profundidade de grãos (PFG):** obtida pela subtração dos valores do diâmetro da espiga e do diâmetro do sabugo, dividido por dois;
- **Diâmetro do sabugo (DS):** medição feita no centro do sabugo, com o auxílio de um paquímetro, utilizando-se seis espigas por parcela expresso em mm, utilizado no cálculo para obter a profundidade de grãos;
- **Umidade dos grãos na colheita:** Umidade dos grãos obtidos em amostras de cada parcela, utilizada para correção da produtividade de grãos.

Caracteres da Planta

- **Altura da planta (AP):** distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira. Mensuração realizada utilizando régua graduada de cinco em cinco centímetros (cm), avaliada em oito plantas por parcela, expressa em cm;
- **Altura da espiga (AE):** distância do colo da planta até o ponto de inserção da espiga principal. Mensuração realizada utilizando régua graduada de cinco em cinco centímetros, avaliada em oito plantas por parcela, expressa em cm;

- **Posição relativa da espiga (PRE):** caráter quantificado pela razão entre altura da espiga e altura da planta;
- **Ciclo vegetativo até o florescimento masculino (FM) e feminino (FF):** para o FM foi considerado o momento em que 50% das plantas apresentavam as inflorescências masculinas em estado de antese e, para o FF, o momento em que 50% das plantas apresentavam estilo-estigmas visíveis, ambos expressos em dias;
- **Acamamento (AC):** caráter avaliado pela contagem do número de plantas com inclinação superior a 45° em relação à vertical ou deitadas no solo, na época da colheita, transformando-se o resultado para $\sqrt{x+0,5}$ e convertido em porcentagem;
- **Quebramento (QUE):** caráter avaliado pela contagem do número de plantas com o colmo quebrado abaixo da espiga principal, transformando-se o resultado para $\sqrt{x+0,5}$ e convertido em porcentagem;
- **Diâmetro de colmo (DC):** Realizada no entrenó, entre o segundo e o terceiro nó do colmo da planta de milho, em amostra de oito plantas em cada parcela, expresso em milímetros (mm);
- **Índice relativo de clorofila (ICLOR):** obtido pela utilização de clorofilômetro (modelo CCM 200) a partir de cinco plantas por parcela, no período do florescimento masculino e feminino, sendo realizadas três medidas na folha da espiga (terço inferior, médio e superior), expresso em cm/dm^2 ;
- **Teor de nitrogênio foliar (TN):** Obtido por meio de análises laboratoriais utilizando as mesmas cinco folhas da espiga onde foi avaliado o índice relativo de clorofila, as quais foram secas em estufas, moídas e o teor de nitrogênio quantificado através de ensaios de laboratório (EMBRAPA, 2006); expresso em porcentagem.

As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o software SAS (SAS INSTITUTE, 2008). Com os dados coletados em cada experimento (0, 50 e 100% de nitrogênio), para cada característica, foram realizadas análises de variância segundo o modelo de análise em blocos ao acaso para experimentos em faixas, cujo modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij} + f_{ki} + \varepsilon_{kj} + fg_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} - valor observado na parcela do genótipo i , no bloco j , na faixa k ;

μ - média geral do experimento;

g_i - efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

b_j - efeito do j -ésimo bloco;

ε_{ij} - efeito do erro aleatório associado a observação de ordem ij ;

f_{ki} - efeito da k -ésima faixa no i -ésimo genótipo;

ε_{kj} - efeito do erro aleatório associado a observação de ordem kj ;

fg_{ijk} - efeito da k -ésima faixa no i -ésimo genótipo do j -ésimo bloco;

ε_{ijk} - efeito do erro aleatório associado a observação de ordem ijk .

Utilizando-se as médias obtidas das análises de variância, para os casos onde houve significância do teste F, foi aplicado o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade de grãos e componentes da produção

O coeficiente de variação experimental (CV%) na dose de 0% de N para o caráter PG foi de 9,56 e para os outros caracteres situou-se entre 4,81 (DE) e 13,58 (PFG) (Tabela 1). Para a dose de 50% de N, o CV% para PG foi de 13,20 e para os demais situou-se entre 3,85 (DE) e 10,99 (PROL) e, para a dose de 100% de N, para PG o valor foi 13,00 e a variação para os outros caracteres ficou entre 3,93 e 9,49 para DE e PMÉDIO, respectivamente. Para todos os caracteres, os CV% encontram-se dentro da faixa preconizada por Hallauer e Miranda Filho (1988), Scapim, Carvalho e Cruz (1995), Fritsche-Neto et al. (2012) e Buzinaro (2014).

No experimento onde não houve aplicação de N em cobertura (0%), considerando-se a fonte de variação genótipos (G), pode-se verificar que esta apresentou significância pelo teste F para todos os caracteres, indicando que os genótipos em estudo diferem entre si (Tabela 1). Para a fonte de variação inoculação (I), apenas o caráter PG apresentou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade de acordo com o teste F, enquanto que os caracteres CE e PROL mostraram diferenças significativas ao nível de 5%. Isso demonstra o efeito da inoculação nestes caracteres, diferentemente de Portugal et al. (2012) que trabalhando com a inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar em milho, não encontraram diferenças significativas para o caráter CE. Com relação a interação genótipo vs formas de inoculação (GxI), o caráter PG mostrou diferença significativa a 5% de probabilidade de acordo com o teste F. Isto evidencia que ocorreu resposta diferenciada neste caráter nos diferentes genótipos com relação as diversas formas de inoculação, mostrando que os genótipos e a inoculação interagem de forma diferenciada.

No experimento onde foi aplicado 50% da dose de N em cobertura, para a fonte de variação genótipos (G), todos caracteres demonstraram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, revelando que houve diferença entre os

genótipos para esses caracteres (Tabela 1). Ao analisar as fontes de variação inoculação (I) e a interação GxI, não houve significância para nenhum dos caracteres, demonstrando que a inoculação não influenciou os mesmos, e os genótipos não responderam diferentemente às formas de inoculação com *Azospirillum*, respectivamente.

Para o experimento em que foi aplicada a dose de 100% de N em cobertura, para a fonte de variação genótipos (G), todos os caracteres apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, com exceção do caráter PROL que expressou a 5% (Tabela 1). Para a fonte de variação inoculação (I), apenas o caráter PROL mostrou diferença significativa ao nível de 10% de probabilidade, demonstrando o efeito da inoculação neste caráter. Com relação a interação GxI, nenhum caráter apresentou diferença significativa de acordo com o teste F, indicando que os genótipos não responderam de forma diferenciada às formas de inoculação.

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância para produtividade de grãos e componentes da produção, nas doses de 0%, 50% e 100% de nitrogênio em cobertura, em genótipos de milho.

F.V.	DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO									
	GL	PG	CE	DE	NF	NGF	PMÉDIO	PROL	PFG	
Repetição	2	8,27	0,15	7,92	0,03	0,46	242,00	1,70	1,22	
Genótipo (G)	3	1729,78**	14,71**	221,72**	12,97**	148,69**	12800,64**	74,30**	61,02**	
Resíduo (a)	6	3,92	0,37	2,98	0,29	1,29	332,05	6,14	2,32	
Inoculação (I)	4	43,20**	1,77*	4,06 ^{ns}	0,58 ^{ns}	3,37 ^{ns}	249,34 ^{ns}	11,47*	1,34 ^{ns}	
Resíduo (b)	8	4,01	0,46	4,27	0,25	3,84	155,26	3,31	1,23	
G x I	12	12,41*	1,37 ^{ns}	2,59 ^{ns}	0,47 ^{ns}	7,50 ^{ns}	82,97 ^{ns}	9,53 ^{ns}	0,57 ^{ns}	
Resíduo (c)	24	4,85	0,88	4,38	0,92	8,07	200,54	5,49	1,64	
Média		7284,53	14,24	4,35	15,62	29,83	138,77	0,89	9,44	
CV (%)		9,56	6,59	4,81	6,13	9,52	10,20	8,29	13,58	
DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO										
Repetição	2	2,06	0,56	3,08	0,27	4,96	171,68	1,87	1,07	
Genótipo (G)	3	1780,05**	11,81**	202,79**	10,63**	105,12**	9526,56**	132,79**	50,76**	
Resíduo (a)	6	20,22	0,27	3,64	0,40	3,73	106,44	19,01	0,69	
Inoculação (I)	4	4,28 ^{ns}	1,02 ^{ns}	3,16 ^{ns}	0,20 ^{ns}	8,92 ^{ns}	230,34 ^{ns}	6,26 ^{ns}	0,70 ^{ns}	
Resíduo (b)	8	15,78	2,12	3,74	0,38	4,81	148,16	11,91	0,78	
G x I	12	9,89 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,64 ^{ns}	4,86 ^{ns}	194,94 ^{ns}	8,13 ^{ns}	0,54 ^{ns}	
Resíduo (c)	24	10,22	0,78	2,90	0,66	3,98	226,81	10,08	0,83	
Média		7658,99	14,15	4,43	15,96	29,61	140,55	0,91	10,00	
CV (%)		13,20	6,26	3,85	5,11	6,73	10,72	10,99	9,12	
DOSE DE 100% DE NITROGÊNIO										
Repetição	2	1,43	0,37	2,66	1,25	1,45	175,88	3,01	0,41	
Genótipo (G)	3	1255,86**	17,70**	193,27**	9,82**	100,21**	10118,70**	65,74*	55,71**	
Resíduo (a)	6	30,23	0,87	1,72	0,79	5,94	49,68	9,80	0,14	
Inoculação (I)	4	11,42 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,97 ^{ns}	6,26 ^{ns}	215,19 ^{ns}	15,02 ⁺	0,17 ^{ns}	
Resíduo (b)	8	12,62	0,86	3,89	0,36	4,71	100,48	4,03	1,36	
G x I	12	10,22 ^{ns}	0,77 ^{ns}	4,59 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,09 ^{ns}	222,55 ^{ns}	3,61 ^{ns}	0,91 ^{ns}	
Resíduo (c)	24	8,45	1,00	2,95	0,67	6,83	166,73	3,34	0,51	
Média		7072,47	14,07	4,37	15,56	30,01	136,05	0,89	9,53	
CV (%)		13,00	7,10	3,93	5,26	8,71	9,49	6,49	7,47	

Interação genótipo vs formas de inoculação (GxI), coeficientes de variação experimentais em % (CV), produtividade de grãos em kg/ha (PG), comprimento da espiga em cm (CE), diâmetro da espiga em mm (DE), número de fileiras na espiga (NF), número de grãos por fileira na espiga (NGF), peso médio de 500 grãos em g (PMÉDIO), prolificidade (PROL), profundidade de grãos em mm (PFG). ^{ns}, ⁺, ^{**} e ^{*} - não significativo, significativo a 10%, 1% e 5% pelo teste F, respectivamente. O valor do caráter produtividade de grãos foi dividido por 100.000 e os valores dos caracteres diâmetro da espiga e prolificidade foram multiplicados por 100 e por 1.000, respectivamente.

Para o caráter CE, na ausência de adubação de N (0%), embora tenha ocorrido diferenças significativas, de acordo com o teste F, para a fonte de variação inoculação (I) (Tabela 1), não foi possível detectar significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 2), o que pode ser justificado, uma vez que a análise de variância é um método estatístico diferente do teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Diferindo deste experimento, Cavallet et al. (2000) encontraram melhores resultados para CE, quando utilizaram inoculação com *Azospirillum*. Sugere-se que quanto maior for o comprimento da espiga maior será o número de grãos por fileiras, sendo assim, pode-se obter ganhos na produtividade da cultura estudada.

Com relação ao caráter PROL, também não houve diferença significativa (Tabela 2), corroborando com o trabalho realizado por Francisco et al. (2012) em que a inoculação não influenciou o caráter em questão e Campos, Theisen e Gnatta (2000), que avaliando dois experimentos em condições de campo não encontraram diferenças significativas para PROL. Este caráter é muito importante para a cultura do milho, pois ele é um dos parâmetros que influenciam a produtividade de grãos.

Tabela 2. Caracteres dos componentes da produção que apresentaram significância para efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na dose de 0% de nitrogênio.

DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO COMPONENTES DA PRODUÇÃO			
Forma de inoculação		CE	PROL
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	13,92 a	0,87 a
Sulco de semeadura estádio V3 à V5	(Faixa 2)	14,79 a	0,92 a
Semente	(Faixa 3)	14,36 a	0,93 a
Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	(Faixa 4)	14,31 a	0,86 a
Testemunha	(Faixa 5)	13,84 a	0,89 a

Comprimento da espiga em cm (CE) e Prolificidade (PROL).

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A inoculação, quando realizada adubação de cobertura com a dose de 100% de N, para o caráter PROL, se mostrou interessante quando submetida somente no sulco de semeadura, se destacando das outras formas de inoculação: sulco de semeadura estádio V3 à V5 e semente (Tabela 3). No entanto, essa forma de inoculação não apresentou

diferenças estatísticas quando comparada à testemunha e a inoculação na semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5 . Isto demonstra que o efeito da inoculação não foi tão eficiente para este caráter nas faixas de inoculação. Kappes et al. (2013) encontraram maiores valores de PROL quando a inoculação com *Azospirillum brasilense* foi realizada na semente e após a cultura ter recebido aplicação de N em cobertura.

Tabela 3. Caracteres dos componentes da produção que apresentaram significância para efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na dose de 100% de nitrogênio.

DOSE DE 100% DE NITROGÊNIO COMPONENTES DA PRODUÇÃO		
Forma de inoculação		PROL
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	0,95 a
Sulco de semeadura estádio V3 à V5	(Faixa 2)	0,85 b
Semente	(Faixa 3)	0,87 b
Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	(Faixa 4)	0,88 ab
Testemunha	(Faixa 5)	0,90 ab

Prolifidade (PROL).

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na ausência de N em cobertura o híbrido 2B707 PowerCore apresentou incrementos na PG com a inoculação realizada em pulverização sobre o sulco de semeadura estádio V3 à V5, inoculação na semente antes da semeadura e inoculação na semente antes da semeadura + inoculação em pulverização sobre o sulco de semeadura estádio V3 à V5, em relação a testemunha (Tabela 4). Lana et al. (2012) também observaram aumentos na PG com a inoculação realizada via semente na ausência de adubação nitrogenada. Para o híbrido AG7098 e para as variedades DSS-0402 e DSS-0404 não foi observada influência das diferentes formas de inoculação em relação à testemunha. Estes resultados diferem dos encontrados por Bartchechen et al. (2010) e Fiori et al. (2010), que obtiveram ganhos em PG com a inoculação de *Azospirillum brasilense*, em relação à testemunha sem adubação nitrogenada. Novakowski et al. (2011) e Martins et al. (2012) também encontraram resultados superiores para a PG em milho ao inocularem a cultura com a mesma bactéria diazotrófica, independente da forma de inoculação.

Tabela 4. Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* para o caráter produtividade de grãos que apresentou significância na análise de variância na dose de 0% de nitrogênio.

CARÁTER: PG – DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	8341,43 ^{ns}	9787,75*	10055,26**	9711,63*	7384,94
AG7098 PRO 2	11179,23 ^{ns}	12117,46 ^{ns}	10991,18 ^{ns}	11538,46 ^{ns}	10075,87
DSS-0402	3380,81 ^{ns}	4542,61 ^{ns}	4248,50 ^{ns}	3828,53 ^{ns}	4582,93
DSS-0404	4385,80 ^{ns}	5284,00 ^{ns}	5819,69 ^{ns}	4324,88 ^{ns}	4112,77

Produtividade de grãos em kg/ha (PG).

^{ns}, ** e * - não significativo, significativo a 1% e significativo a 5% pelo teste F, respectivamente.

A comparação foi realizada, em cada genótipo, entre as formas de inoculação e a testemunha.

4.2 Caracteres da planta

Considerando as três doses de N em cobertura, nota-se que os coeficientes de variação experimentais (CV%) situaram-se entre 1,62 e 184,46 para a dose de 0% de N e 1,27 e 301,07 para 100% de N para os caracteres FM e AC, respectivamente e, entre 1,38 e 167,44 para 50% de N nos caracteres FF e AC, respectivamente (Tabela 5). Para todos os caracteres, os CV encontram-se dentro da faixa preconizada por Hallauer e Miranda Filho (1988), Scapim, Carvalho e Cruz (1995), Fritsche-Neto et al. (2012) e Buzinaro (2014).

No experimento onde não houve aplicação de N em cobertura (0%), considerando-se a fonte de variação genótipos (G), pode-se verificar que esta apresentou significância pelo teste F para todos os caracteres, com exceção para ICLOR e TN, indicando que existe variabilidade nos genótipos em estudo, assim, eles diferem entre si quanto aos caracteres avaliados (Tabela 5). Para a fonte de variação inoculação (I) os caracteres AP, AE e FM mostraram diferenças significativas ao nível

de 1% de probabilidade, enquanto os caracteres FF, DC e TN apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% e o carácter ICLOR a 10%, demonstrando o efeito da inoculação nestes caracteres. Os caracteres PRE, AC e QUE não apresentaram diferenças significativas. Com relação a interação genótipo vs formas de inoculação (GxI), observa-se diferença significativa apenas para o carácter TN. Isto evidencia que ocorreu resposta diferenciada para o carácter supracitado dos diferentes genótipos com relação às diversas formas de inoculação, mostrando que os genótipos e a inoculação interagem de forma diferenciada.

No experimento onde foi aplicado 50% da dose de N em cobertura, para a fonte de variação genótipos (G), os caracteres AP, AE, PRE, FM, FF, QUE e DC demonstraram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, revelando que ocorreu um comportamento diferenciado entre os genótipos para esses caracteres (Tabela 5). Para a fonte de variação inoculação (I) os caracteres PRE, AE e FF e ICLOR apresentaram diferenças significativas aos níveis de 1, 5 e 10% de probabilidade de acordo com o teste F, respectivamente, demonstrando o efeito da inoculação nestes caracteres. Ao analisar a interação GxI, nota-se que o carácter DC apresentou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade e os caracteres AP e ICLOR ao nível de 10%, demonstrando que os genótipos responderam diferentemente às formas de inoculação com a bactéria diazotrófica para estes caracteres.

Para o experimento em que foi aplicado 100% da dose de N em cobertura, para a fonte de variação genótipos (G), todos os caracteres apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, com exceção do carácter DC que apresentou a 5% e dos caracteres AC e TN que não apresentaram diferenças significativas (Tabela 5). Para a fonte de variação inoculação (I) os caracteres PRE, AE e AP apresentaram diferenças significativas aos níveis de 1, 5 e 10% de probabilidade de acordo com o teste F, respectivamente, demonstrando o efeito da inoculação nestes caracteres. Com relação a interação GxI, observa-se diferença significativa ao nível de 10% de probabilidade apenas para o carácter PRE, demonstrando que os genótipos responderam de forma diferenciada às formas de inoculação.

Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância para os caracteres da planta, nas doses de 0%, 50% e 100% de nitrogênio, em genótipos de milho.

DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO												
F.V.	GL	AP	AE	PRE	FM	FF	AC	QUE	DC	ICLOR	TN	
Repetição	2	52,37	10,44	0,50	0,27	0,20	3,92	48,38	0,42	0,66	0,05	
Genótipo (G)	3	953,37**	754,64**	5,60**	31,35**	25,22**	14,01*	1357,61**	10,92**	25,46 ^{ns}	0,20 ^{ns}	
Resíduo (a)	6	11,33	7,24	0,12	0,40	0,27	2,13	113,51	0,54	15,38	0,34	
Inoculação (I)	4	363,60**	179,90**	0,17 ^{ns}	7,52**	9,48*	4,97 ^{ns}	86,76 ^{ns}	5,02*	31,67 ⁺	0,95*	
Resíduo (b)	8	26,72	17,38	0,30	0,70	1,45	4,93	56,02	1,14	10,92	0,24	
G x I	12	36,66 ^{ns}	41,64 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,90 ^{ns}	4,08 ^{ns}	30,34 ^{ns}	1,24 ^{ns}	12,00 ^{ns}	0,51 ⁺	
Resíduo (c)	24	30,66	29,38	0,34	0,84	1,07	4,77	38,61	0,88	12,89	0,26	
Média		217,18	121,72	0,56	56,48	56,35	1,18	11,84	20,14	30,69	2,06	
CV (%)		2,55	4,45	3,27	1,62	1,84	184,46	52,47	4,66	11,70	24,82	
DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO												
Repetição	2	15,00	39,33	0,36	2,07	0,45	2,59	1,75	2,10	13,38	0,18	
Genótipo (G)	3	2433,57**	2137,08**	11,78**	39,84**	26,87**	12,36 ^{ns}	1159,01**	17,64**	24,68 ^{ns}	0,05 ^{ns}	
Resíduo (a)	6	53,33	21,65	0,30	1,76	0,65	7,79	22,08	1,49	8,53	0,07	
Inoculação (I)	4	104,99 ^{ns}	167,32*	1,32**	2,19 ^{ns}	2,86 ⁺	5,20 ^{ns}	71,74 ^{ns}	1,60 ^{ns}	52,50 ⁺	0,18 ^{ns}	
Resíduo (b)	8	45,10	30,28	0,16	0,88	0,84	3,60	81,50	1,91	14,29	0,13	
G x I	12	44,38 ⁺	27,33 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,05 ^{ns}	2,99 ^{ns}	42,65 ^{ns}	2,54**	12,73 ⁺	0,10 ^{ns}	
Resíduo (c)	24	22,34	15,66	0,26	0,65	0,60	2,44	36,89	0,46	6,34	0,11	
Média		214,52	123,08	0,57	56,72	56,30	0,93	9,47	20,01	30,85	2,35	
CV (%)		2,20	3,22	2,84	1,42	1,38	167,44	64,13	3,37	8,16	14,34	
DOSE DE 100% DE NITROGÊNIO												
Repetição	2	160,41	110,50	0,22	0,95	0,82	1,61	10,53	2,02	2,25	0,18	
Genótipo (G)	3	1849,36**	1511,19**	9,75**	27,84**	13,58**	0,48 ^{ns}	1219,52**	14,33*	54,21**	0,16 ^{ns}	
Resíduo (a)	6	57,04	30,26	0,55	0,13	1,33	0,49	25,15	1,50	4,34	0,06	
Inoculação (I)	4	106,80 ⁺	253,73*	2,58**	4,19 ^{ns}	5,73 ^{ns}	1,88 ^{ns}	22,84 ^{ns}	1,59 ^{ns}	7,39 ^{ns}	0,10 ^{ns}	
Resíduo (b)	8	36,24	45,66	0,34	1,99	3,11	2,28	40,70	1,63	4,74	0,08	
G x I	12	30,09 ^{ns}	33,48 ^{ns}	0,53 ⁺	0,91 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,49 ^{ns}	13,13 ^{ns}	2,14 ^{ns}	7,00 ^{ns}	0,14 ^{ns}	
Resíduo (c)	24	33,52	22,15	0,26	0,53	0,70	0,49	31,27	1,24	6,20	0,12	
Média		211,97	118,04	0,56	57,30	57,03	0,23	9,62	20,23	31,30	2,47	
CV (%)		2,73	3,99	2,92	1,27	1,47	301,07	58,11	5,51	7,95	13,76	

Interação genótipo vs formas de inoculação (GxI), coeficientes de variação experimentais % (CV), altura da planta em cm (AP), altura de inserção da espiga em cm (AE), posição relativa da espiga (PRE), florescimento masculino em dias (FM), florescimento feminino em dias (FF), acamamento (AC), quebramento (QUE), diâmetro do colmo em mm (DC), índice relativo de clorofila em cm²/mm (ICLOR) e teor de nitrogênio em % (TN). ^{ns}, ⁺, ^{**} e ^{*} - não significativo, significativo a 10%, 1% e 5% pelo teste F, respectivamente. O valor do caráter posição da espiga foi multiplicado por 1.000.

A inoculação, quando não ocorreu aplicação de nitrogênio em cobertura (0%), para os caracteres de estatura (AP e AE) se mostrou importante, apresentando um ganho de mais de 10 cm para AP e de 9 cm para AE, quando a inoculação ocorreu no sulco de semeadura estágio V3 à V5, comparados à testemunha (Tabela 6), corroborando com os resultados encontrados por Pedrinho (2009), onde a inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* proporcionou plantas maiores e mais vigorosas. Por outro lado, Cavallet et al. (2000) não observaram efeito da inoculação com *Azospirillum* para AP. Ferreira et al. (2007) verificaram um maior desenvolvimento da planta e altura da espiga quando utilizado bioestimulantes/promotores de crescimento inoculados via semente no milho. Os efeitos positivos proporcionados pelas bactérias diazotróficas podem ter ocorrido devido as alterações nas raízes das plantas inoculadas, proporcionando uma melhora na absorção de água e nutrientes (OKON e VANDERLEYDEN, 1997), além da produção de hormônios como a giberelina, a qual pode induzir o aumento na altura das plantas (TAIZ & ZIEGER, 2004), explicando os aumentos ocorridos em AP e AE.

Com relação aos caracteres de ciclo (FM e FF), verifica-se uma redução com a inoculação no sulco de semeadura estágio V3 à V5 e via semente, quando comparados à testemunha (Tabela 6). Sugere-se que ciclos mais precoces proporcionam maior tolerância à seca. Independente da forma de inoculação, os genótipos mantiveram a sincronização do florescimento masculino e feminino, apresentando de 55 à 57 dias do momento do plantio até a emissão de pólen e surgimento da inflorescência feminina, respectivamente. Somente quando a inoculação foi realizada via sulco de semeadura estágio V3 à V5, a emissão dos estilo-estigma foi antecipada em relação ao pendão. O intervalo entre os florecimentos masculino e feminino pode ser considerado um indicador de genótipos tolerantes à seca, sendo assim, quanto mais baixo e mais próximo forem os valores de FM e FF, mais favorável o genótipo (DURÃES et al., 2000).

Não foi possível detectar diferenças significativas para o caráter DC, quando não realizada adubação de cobertura, nas diversas formas de inoculação, quando comparada à testemunha, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

(Tabela 6). Silva (2013) e Farinelli et al. (2012) também não encontraram diferenças significativas para este caráter. A densidade de plantas é o principal fator que influencia o DC (STRIEDER; SILVA; SANGOI, 2006), sendo assim, o adensamento aumenta o número de plantas com menor desenvolvimento, estimula o estiolamento devido a competição intra-específica por luz e conseqüentemente reduz o diâmetro do colmo (SANGOI et al., 2002).

Para o caráter ICLOR, nenhuma das formas de inoculação se mostrou estatisticamente diferente da testemunha (Tabela 6), diferentemente dos resultados encontrados por Kappes et al. (2013) e por Silva (2013) que obtiveram valores mais elevados de ICLOR em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Jordão et al. (2010) observaram maiores médias dos tratamentos que receberam inoculação de *Azospirillum brasilense* via semente do que tratamentos não inoculados. De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) o N e a clorofila se correlacionam positivamente nas plantas. Assim, a análise do ICLOR poderá ser utilizada para diferenciar plantas com níveis adequados ou deficientes de N (RAMBO et al, 2004).

Tabela 6. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na dose de 0% de nitrogênio.

DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO CARACTERES DA PLANTA			
Forma de inoculação		AP	AE
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	213,13 bc	118,65 bc
Sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 2)	222,84a	125,69a
Semente	(Faixa 3)	221,28a	124,42ab
Semente + sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 4)	218,77ab	123,13abc
Testemunha	(Faixa 5)	209,87 c	116,68 c
DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO CARACTERES DA PLANTA			
Forma de inoculação		FM	FF
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	57a	57a
Sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 2)	56 b	55 c
Semente	(Faixa 3)	56 b	56 bc
Semente + sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 4)	57a	57ab
Testemunha	(Faixa 5)	57a	57a
DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO CARACTERES DA PLANTA			
Forma de inoculação		DC	ICLOR
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	19,16 b	30,19 a
Sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 2)	20,87 a	32,56 a
Semente	(Faixa 3)	20,30 a	32,18 a
Semente + sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 4)	20,45 a	28,78 a
Testemunha	(Faixa 5)	19,92 ab	29,73 a

Altura da planta em cm (AP), altura de inserção da espiga em cm (AE), florescimento masculino em dias (FM), florescimento feminino em dias (FF), diâmetro do colmo em mm (DC) e índice relativo de clorofila em cm²/mm (ICLOR).

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao efeito da inoculação, na dose de 50% de N em cobertura, a testemunha apresentou a maior média de AE (Tabela 7). Quando a inoculação foi realizada via sulco de semeadura estágio V3 à V5, o valor da média foi estatisticamente igual ao da testemunha e todas as outras formas de inoculação apresentaram médias inferiores, diferentemente de Kappes et al. (2012), que trabalhando com a inoculação com *Azospirillum brasilense* em um híbrido simples de milho, encontraram maiores valores de AE quando comparado à testemunha.

Ainda na mesma tabela, com relação ao caráter PRE, este apresentou resultados iguais ou inferiores à média da testemunha. Isto é muito importante, pois um aumento neste caráter pode levar ao acamamento e valores de médias menores são desejáveis. Estes resultados refletem o ocorrido para AE, pois a inoculação reduziu este caráter sem alterar AP, resultando em menor PRE.

O número de dias da semeadura até o aparecimento das inflorescências masculina (FM) e feminina (FF) é utilizado para a avaliação do ciclo da planta. O caráter FF, apresentou aumento de um dia quando realizada inoculação via semente, comparada com a testemunha e as demais formas de inoculação. No entanto, Fiorini et al. (2012) encontraram maior variação de dias para FF na comparação dos materiais utilizados em seu experimento. A exigência de N é alta durante todo o ciclo da cultura do milho, principalmente nos estádios de germinação e florescimento, sendo assim, genótipos que apresentam ciclos menores são mais interessantes.

Tabela 7. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na dose de 50% de nitrogênio.

DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO CARACTERES DA PLANTA				
Forma de inoculação		AE	PRE	FF
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	118,59 c	0,56 b	56 ab
Sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 2)	125,02 ab	0,58 a	56 ab
Semente	(Faixa 3)	120,48 bc	0,56 ab	57 a
Semente + sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 4)	123,24 bc	0,57 ab	56 ab
Testemunha	(Faixa 5)	128,08 a	0,58 a	56 b

Altura de inserção da espiga em cm (AE), posição relativa da espiga (PRE) e florescimento feminino em dias (FF). Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A inoculação, quando aplicada a dose total (100%) de N em cobertura, não apresentou valores de médias de AP, nas diversas formas de inoculação, diferentes estatisticamente da testemunha (Tabela 8). Guimarães et al. (2013), trabalhando com plantas de milho inoculadas com *Azospirillum* spp. e Zucareli et al. (2011) realizando experimento com inoculação de *Pseudomonas fluorescens*, também não observaram diferenças significativas entre os tratamentos de inoculação para este caráter.

Com relação ao caráter AE, ainda na mesma dose de N, a inoculação via sulco de semeadura estágio V3 à V5 apresentou o maior valor de média e foi a única forma de inoculação que se mostrou diferente estatisticamente das outras formas e da testemunha, apresentando um aumento de cerca de 9% com relação a esta última (Tabela 8). Lana et al (2012), trabalhando com a cultura do milho, doses de N e inoculação com *Azospirillum brasilense*, não verificaram efeito dos tratamentos em AE e AP.

Tabela 8. Caracteres da planta que apresentaram significância para efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na dose de 100% de nitrogênio.

DOSE DE 100% DE NITROGÊNIO CARACTERES DA PLANTA			
Forma de inoculação		AP	AE
Sulco de semeadura	(Faixa 1)	212,72 a	118,29 b
Sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 2)	214,60 a	124,96 a
Semente	(Faixa 3)	208,82 a	113,66 b
Semente + sulco de semeadura estágio V3 à V5	(Faixa 4)	214,86 a	119,25 b
Testemunha	(Faixa 5)	208,82 a	114,04 b

Altura da planta em cm (AP) e altura de inserção da espiga em cm (AE).

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No experimento com 0% de N em cobertura, com relação ao caráter TN a única diferença significativa apresentada, pela prática da inoculação, foi para a variedade DSS-0402 quando inoculada via semente, com redução no TN (Tabela 9). Diferenças significativas também foram encontradas por Fernandes et al. (2005) estudando cultivares de milho para eficiência na absorção de N. Para os demais genótipos, não ocorreram diferenças significativas, para todas as formas de inoculação, comparando-se às respectivas testemunhas. Segundo Dartora et al. (2013), o N é um nutriente essencial, que está envolvido no aumento da produtividade de várias culturas. Cerca de 70% de N da planta de milho está nos grãos, isto mostra que quantidades adequadas deste nutriente podem proporcionar maiores produtividades (SILVA et al., 2005).

Tabela 9. Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 0% de nitrogênio.

CARÁTER: TN – DOSE DE 0% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	2,58 ^{ns}	2,28 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,93 ^{ns}	2,23
AG7098 PRO 2	2,10 ^{ns}	1,65 ^{ns}	2,15 ^{ns}	1,93 ^{ns}	2,10
DSS-0402	2,13 ^{ns}	2,38 ^{ns}	1,15*	2,08 ^{ns}	3,00
DSS-0404	1,25 ^{ns}	2,13 ^{ns}	1,60 ^{ns}	2,15 ^{ns}	2,50

teor de nitrogênio em % (TN). ^{ns} e * - não significativo e significativo a 5% pelo teste F, respectivamente. A comparação foi realizada, em cada genótipo, entre as formas de inoculação e a testemunha.

Quando aplicado 50% de N em cobertura, para o caráter AP, o híbrido AG7098 PRO 2 apresentou valor significativo quando inoculado via semente (Tabela 10). Os demais genótipos não demonstraram valores de médias significativos quando comparados com suas respectivas testemunhas, independente da forma de inoculação, demonstrando que, nesta dose de N para o caráter AP, o genótipo não respondeu de forma favorável às formas de inoculação com a bactéria diazotrófica. Lana et al. (2012), trabalhando com a aplicação de *Azospirillum* associada à adubação nitrogenada, também não encontraram efeito da inoculação para o caráter AP. Diferentemente dos valores apresentados na Tabela 10, Braccini et al. (2008), Hungria (2011) e Müller (2013) encontraram maiores resultados de AP, resultantes da inoculação com *Azospirillum*.

Ainda na mesma dose de N em cobertura, para o caráter DC, o híbrido 2B707 PowerCore apresentou valor significativo quando inoculado no sulco de semeadura estádio V3 à V5 e a variedade DSS-0404 quando inoculada no sulco de semeadura V3 à V5 e na semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5 (Tabela 10). O híbrido comercial AG7098 PRO 2 e a variedade sintética experimental DSS-0402 não apresentaram valores significativos, independente da forma de inoculação, diferindo destes

resultados, Dartora et al. (2013) encontraram valores, para outros genótipos, superiores a testemunha para este caráter. De acordo com Radwan, Mohamed e Reis (2004) e Moreira et al. (2010), aumentos no DC podem ser decorrentes da produção de fitormônios pelas bactérias, como citocininas, giberelinas e auxinas. O DC pode ser altamente relacionado com o aumento da produtividade pois, apresentando maior diâmetro, a planta consegue armazenar maior quantidade de fotoassimilados, que contribuirão para o enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011). Além disso, o AC e o QUE também estão relacionados com DC, assim, aumento de DC pode favorecer a uma maior resistência da planta contra esses dois caracteres (SANGOI et al., 2002).

Ainda no experimento com 50% de N, para o caráter ICLOR, o híbrido AG7098 PRO 2 apresentou, quando inoculado no sulco de semeadura estágio V3 à V5, valor menor que a testemunha (Tabela 10). Os demais genótipos não apresentaram diferenças estatísticas em relação às respectivas testemunhas. O ICLOR correlaciona-se positivamente com o teor de N na planta, sendo assim pode ser utilizado como método para prever o nível nutricional deste elemento nas plantas (SMEAL & ZHANG, 1994; BOOIJ; VALENZUELA; AGUILERA, 2000). Isto pode ser um grande aliado para a produtividade pois, havendo bons valores de ICLOR, poderá haver uma boa produtividade.

Tabela 10. Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 50% de nitrogênio.

CARÁTER: AP – DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	219,20 ^{ns}	219,40 ^{ns}	219,60 ^{ns}	220,83 ^{ns}	224,80
AG7098 PRO 2	226,47 ^{ns}	230,43 ^{ns}	220,83 ⁺	233,73 ^{ns}	235,63
DSS-0402	197,93 ^{ns}	206,47 ^{ns}	202,10 ^{ns}	199,20 ^{ns}	208,77
DSS-0404	200,67 ^{ns}	202,07 ^{ns}	210,83 ^{ns}	203,97 ^{ns}	207,50
Caráter: DC – DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	19,59 ^{ns}	17,55 [*]	19,50 ^{ns}	19,01 ^{ns}	20,07
AG7098 PRO 2	21,38 ^{ns}	21,95 ^{ns}	20,88 ^{ns}	21,90 ^{ns}	21,62
DSS-0402	19,16 ^{ns}	20,50 ^{ns}	20,11 ^{ns}	20,46 ^{ns}	19,65
DSS-0404	18,51 ^{ns}	20,69 [*]	18,34 ^{ns}	20,83 [*]	18,47
Caráter: ICLOR – DOSE DE 50% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	33,31 ^{ns}	30,15 ^{ns}	27,89 ^{ns}	31,74 ^{ns}	30,67
AG7098 PRO 2	35,26 ^{ns}	27,58 ⁺	31,44 ^{ns}	32,87 ^{ns}	35,24
DSS-0402	28,79 ^{ns}	26,27 ^{ns}	30,40 ^{ns}	33,76 ^{ns}	27,49
DSS-0404	31,39 ^{ns}	28,12 ^{ns}	29,26 ^{ns}	35,26 ^{ns}	30,01

Altura da Planta em cm (AP), diâmetro do colmo em mm (DC) e índice relativo de clorofila em cm²/mm (ICLOR).

^{ns}, * e ⁺ - não significativo, significativo a 5% e significativo a 10% pelo teste F, respectivamente. A comparação foi realizada, em cada genótipo, entre as formas de inoculação e a testemunha.

Na dose de 100% de N em cobertura, para o caráter PRE, a variedade sintética experimental DSS-0404 apresentou diferença significativa quando inoculada via sulco de semeadura estágio V3 à V5 (Tabela 11). Os demais genótipos não apresentaram diferenças significativas independente da forma de inoculação utilizada. Aumentos em PRE podem favorecer ao acamamento de plantas, assim, é desejável que o mesmo caráter apresente o menor valor possível.

Tabela 11. Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* para os caracteres da planta que apresentaram significância na análise de variância na dose de 100% de nitrogênio.

CARÁTER: PRE – DOSE DE 100% DE NITROGÊNIO FORMAS DE INOCULAÇÃO					
Genótipo	Sulco de semeadura	Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Semente	Semente + Sulco de semeadura estádio V3 à V5	Testemunha
	(Faixa 1)	(Faixa 2)	(Faixa 3)	(Faixa 4)	(Faixa 5)
2B707PW	0,53 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,53
AG7098 PRO 2	0,58 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,58
DSS-0402	0,57 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,56
DSS-0404	0,55 ^{ns}	0,58 ^{**}	0,56 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,51

Posição relativa da espiga (PRE).

^{ns} e ^{**} - não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente.

A comparação foi realizada, em cada genótipo, entre as formas de inoculação e a testemunha.

Para ilustrar a PG, os resultados obtidos da interação (G x I) nas três doses de N, estão representados nas figuras de 1 à 3. De forma geral, sem considerar os testes estatísticos, nota-se a predominância de interação do tipo simples entre os híbridos e do tipo complexa entre as variedades nas três doses de nitrogênio em cobertura.

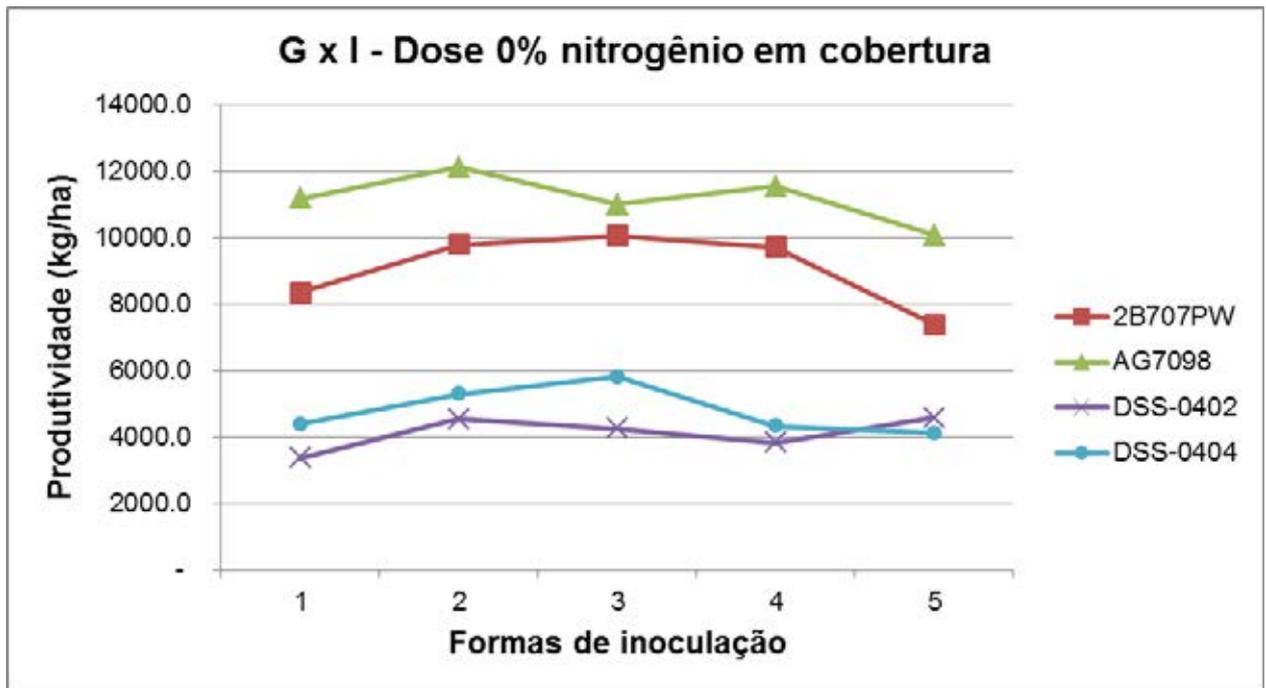


Figura 1. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 0% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos.

Formas de inoculação: 1 (inoculação em pulverização sobre o sulco de semeadura logo após o término da semeadura), 2 (inoculação em pulverização sobre o solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 3 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado), 4 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado + pulverização sobre solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 5 (testemunha).

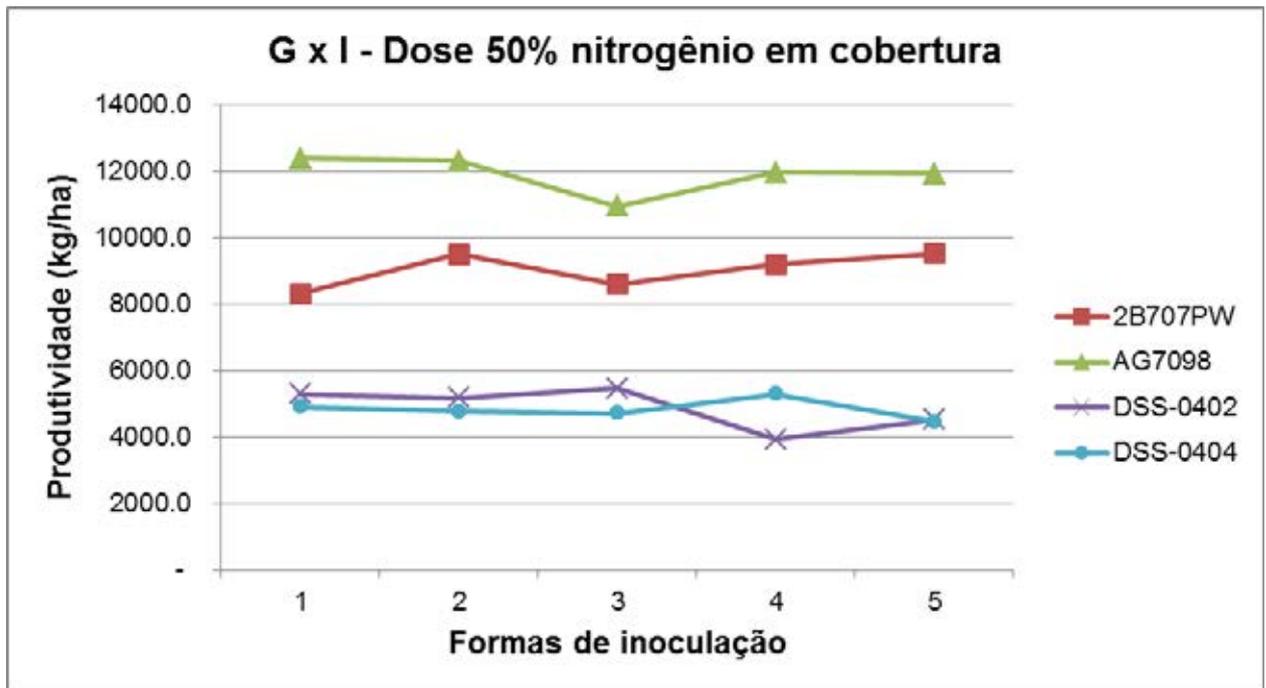


Figura 2. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 50% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos.

Formas de inoculação: 1 (inoculação em pulverização sobre o sulco de semeadura logo após o término da semeadura), 2 (inoculação em pulverização sobre o solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 3 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado), 4 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado + pulverização sobre solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 5 (testemunha).

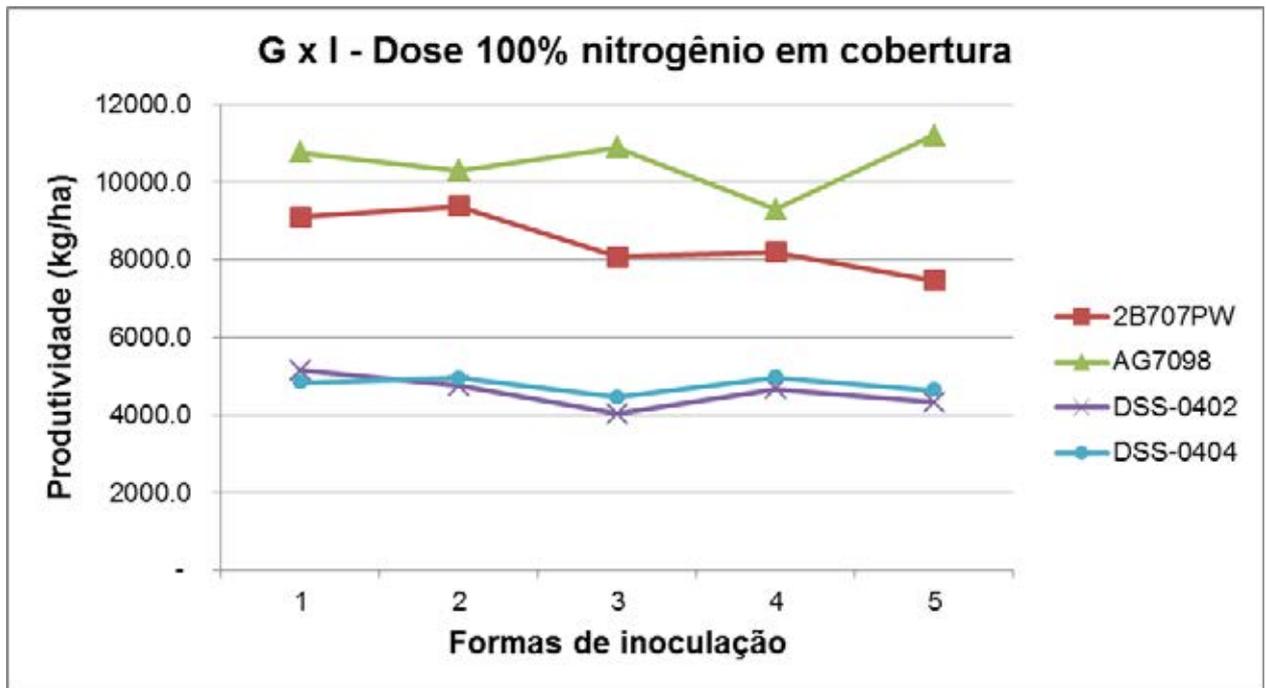


Figura 3. Representação gráfica da interação G x I, considerando os genótipos em estudo em cada uma das formas de inoculação quanto à dose de 100% de nitrogênio em cobertura, para o caráter produtividade de grãos.

Formas de inoculação: 1 (inoculação em pulverização sobre o sulco de semeadura logo após o término da semeadura), 2 (inoculação em pulverização sobre o solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 3 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado), 4 (inoculação na semente antes da semeadura, realizada em ambiente coberto e arejado + pulverização sobre solo quando as plantas estavam no estágio V3 à V5), 5 (testemunha).

5. CONCLUSÕES

1. Há efeito positivo da inoculação com *Azospirillum brasilense* para os caracteres PG e TN, quando não é utilizado nitrogênio em cobertura e para AP, DC, ICLOR e PRE quando utiliza-se nitrogênio em cobertura.
2. Não é possível a recomendação da forma mais adequada de inoculação de forma generalizada, visto que há interação genótipo vs formas de inoculação.
3. Como a resposta à inoculação varia em função dos genótipos, é interessante delinear programas de melhoramento para o desenvolvimento de genótipos mais responsivos.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M. **Uso do delineamento III com marcadores moleculares para análise genética da produção de grãos e seus componentes em milho**. 2003. 127 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ALVES, G. F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Alterações nas propriedades genéticas da população CMS-39 submetida à seleção massal para a prolificidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 89-101, 2002.

ARAUS, J. L.; SANCHEZ, C.; EDMEADES, G. O. Phenotyping maize for adaptation to drought. In: MONNEVEUX, P. & RIBAUT, J. M. (eds). **Drought phenotyping in crops: from theory to practice**. Mexico: CGIAR, 2011.

ARIAS, C. A. A.; SOUZA JÚNIOR, C. L.; TAKEDA, C. Path coefficient analyses of ear weight in different types of progeny in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 44, n. 3, p. 251-262, 1999.

AUSTIN, D. F.; LEE, M. Detection of quantitative loci for grain yield and yield components in maize across generations in stress and nonstress environments. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 5, p. 1296-1308, 1998.

BARROS NETO, C. R. **Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasiliense* no rendimento de grãos de milho**. 2008. 28p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L). **Campo Digit@l**, v. 5, p. 56-59, 2010.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth – a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77–136, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. **Canadian Journal of Microbiology**, Canadá, v. 50, p. 521-577, 2004.

BEAVIS, W. D.; SMITH, O. S.; GRANT. D.; FINCHER, R. R. Identification of quantitative trait loci using a small sample of topcrossed and F4 progeny from maize. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 4, p. 882-896, 1994.

BENTO, D. A.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Seleção massal para prolificidade em milho na época normal e na “safrinha”. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 78-87, 2003.

BENTO, D. A. V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 133f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J. L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Ed.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, Wageningen Pers, p. 72-82, 2000.

BRACCINI, A.L.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L.P.; CATO, S.C.; BARBOSA, M.C. **Eficiência da inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. na cultura do milho.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, 2008, Sete Lagoas. ABMS - Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2008. p. 1-1.

BUZINARO, R. **Interação de genótipos de milho vs locais, anos e épocas de semeadura.** 2014. 56f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

CAMPOS, B. H. C.; THEISEN, S.; GNATTA, V. Avaliação do inoculante “graminante” na cultura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 713-715, 2000.

CAMPOS, H.; COOPER, M.; HABBEN, J. E.; EDMEADES, G. O.; SCHUSSLER, J. R. Improving drought tolerance in maize: a view from industry. **Field Crops Research**, v. 90, p. 19-34, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa, p. 375-470, 2007.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. 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, 2008. p.61-86.

CAVALCANTI ALVES, G. **Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* em genótipos de milho.** 2007. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129- 132, 2000.

CHAVARRIA, G.; DE MELLO, N. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. **Revista Plantio Direto**, v. 125, 2011.

COMSTOCK, R. E. Quantitative genetics in maize breeding. In: HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. (Ed.). *Maize breeding and genetics*. New York: Walden, p. 191-206, 1978.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos: 9º Levantamento de Grãos – Safra 2013/14**. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum* brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. 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, 2008. p. 87-95.

CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. C.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Embrapa Milho e Sorgo: Brasília, 1996. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos).

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

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**, v. 17, p. 1023-1029, 2013.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant Growth-Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 2, p. 107- 149, 2003.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: ELMERICH, C.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial association**. Springer: Dordrecht, 2007. p. 145-170.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; FERRER, J. L. R.; MACHADO, R. A. F. Adaptação de milho às condições de seca: florescimento e maturidade fisiológica de sementes de linhagens contrastantes para o parâmetro fenotípico IFMF. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2000.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, M. X.; GOMES E GAMA, E. E.; GUIMARÃES, C. T. Combining ability of tropical maize inbred lines under drought stress conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, p. 291-298, 2002.

DUVICK, D. N. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 1, p. 69-71, 1974.

EMBRAPA. **Adequação da metodologia de Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. EMBRAPA: Corumbá, 2006. 9f. (EMBRAPA. Circular Técnica, 63).

FARINELLI, R.; HANASHIRO, R. K.; AMARAL, C. B.; FILHO, D. F. **Resposta da cultura do milho à inoculação de sementes e adubação nitrogenada em cobertura**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/06619.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2014.

FEDERIZZI, L. C.; FANTINI, A. C.; CARVALHO, I. F. Efeito do acamamento artificial em alguns genótipos de trigo de porte alto e baixo. **Ciência Rural**, v. 24, n. 3, p. 465-469. 1994.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, É. V. de R. V.; QUEIROZ, D. L. de. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, p. 195- 204, 2005.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L.; TRIVELIN, P. C. O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta - milho. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1138-1141, 2008.

FIORI, C. C. L.; BARTCHECHEN, A.; WATANABI, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L). **Campo Digit@l**, v. 5, p. 56-59, 2010.

FIORINI, I. V. A.; FIORINI, F. V. A.; PINHO, R. G. V.; LASMAR, C. S.; CARVALHO, M. R. **Avaliação do ciclo, somatório de graus dias e produtividade de híbridos de milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: < http://www.abms.org.br/29cn_milho/07154.pdf>. Acesso em: 03 mar 2014.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Embrapa Clima Temperado, Passo Fundo: UPF, 2004.

FONTOURA, D.; STANGARLIN, J. R.; TRAUTMANN, R. R.; SCHIRMER, R.; SCHWANTES, D. O.; ANDREOTTI, M. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, p. 545-551, 2006.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007.

FRANCISCO, E. A. B.; KAPPES C.; DOMINGUES L.; FELIPPI, C. L. **Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* e aplicação de nitrogênio em cobertura**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/06156.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2014.

FRITSCHÉ-NETO, R.; DOVALE, J. C.; LANES, E. C. M.; DEON, M.; RESENDE, V.; MIRANDA, G. V. Genome-wide selection for tropical maize root traits under conditions of nitrogen and phosphorus stress. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, p. 389-395, 2012.

GELDERMANN, H. Investigations of inheritance of quantitative characters in animals by gene markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 46, n. 7, p.319-330, 1975.

GUIMARÃES, L. S.; MOREIRA, J. C. F.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; SABINO, D. C. C. Características produtivas de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum* spp. cultivadas em latossolo de cerrado. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16; p. 558-567, 2013.

GUIMARÃES, V. F.; PINTO JUNIOR, A. S.; OFFEMANN, L. C.; RODRIGUES, L. F. O. S.; POZZEBOM, W.; DRANSKI, J. A. L.; SILVA, M. B.; INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S.; BELLÉ, R. **Produtividade do milho em resposta a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense***. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/02486.pdf>. Acesso em: 3 mai 2014.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988.

HOLTHAUS, J. F.; LAMKEY, K. R. Response to selection and changes in genetic parameters for 13 plant and ear traits in two maize recurrent selection programs. **Maydica**, Bergamo, v. 40, n. 4, p. 357-370, 1995.

HENDRY, G. A. Plant pigments. In: LEA. P. J.; LEEGOOD, R. C. (Ed.) **Plant biochemistry and molecular biology**. Great Britain, Bookcraft, 1993. p.181-196.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo**. Embrapa Soja, 2011. (Embrapa Soja, Documentos, 325).

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E. M.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. **Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária.** In: Reunião Brasileira De Fertilidade Do Solo E Nutrição De Plantas, 29 Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 13 Simpósio Brasileiro De Microbiologia Do Solo, 11 Reunião Brasileira De Biologia Do Solo, 2010, Guarapari. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.4.

JUGENHEIMER, R. W. Corn: Improvement, Seed Production, and Uses. **Wiley Interscience**, New York. 1976.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; 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**, v. 34, p. 527-538, 2013.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. **Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e uréia foliar na cultura do milho.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: < http://www.abms.org.br/29cn_milho/06190.pdf >. Acesso em: 3 abr. 2014.

KOPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde.** Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.

LI, Y.; DONG, Y.; NIU, S.; CUI, D. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**, Toronto, v. 50, n. 4, p. 357-364, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. EMBRAPA CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997.

MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T.; CONDÉ, A. B. T.; GODINHO, D. B.; CAIXETA, C. G.; COSTA, R. L.; POMELA, A. W. V.; SOARES, C. M. S. Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, p. 113-128, 2012.

MINOLTA, C. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Osaka (Japão): **Minolta Radiometric Instruments Divisions**, 1989.

MORAES, D. F.; BRITO, C. H. **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. In: Horizonte Científico, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>>. Acesso em: 3 mai 2014.

MOREIRA, F. M. S.; DA SILVA, K.; NOBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v. 1, n. 2, p.74-99, 2010.

MÜLLER, T. M. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho**. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro-PR, Guarapuava-PR, 2013.

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

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

OTTAVIANO, E.; CAMUSSI, A. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. **Euphytica**, Milano, v. 30, n. 3, p. 601-609, 1981.

PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento de milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 22-43.

PEDRINHO, E. A. N. **Isolamento e caracterização de bactérias promotoras de crescimento em milho (*Zea mays* L.)**. 2009. 87p. Tese (Doutorado em Microbiologia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

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

PINTHUS, M. J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v. 25, n. 1, p. 208-263, 1973.

PORTUGAL, J. R.; ARF O.; LONGUI, W. V., GITTI, D. C.; BARBIERI, M. K. F.; GONZAGA, A. R.; TEIXEIRA, D. S. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar associada à doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/06298.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2014.

RADWAN, T. E-S. E-D.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 987-994, 2004.

RAMALHO, M. A. P. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora UFG, 1993.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, 2004.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 232).

REIS JÚNIOR, F. B.; 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* spp.). **Plant and Soil**, Netherlands, v. 219, p. 153-159, 2000.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, p. 345-352, 2005.

SALAZAR, A. M.; HALLAUER, A. R. Divergent mass selection for ear length in maize. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 9, p. 281-294, 1986.

SALOMONE, I. G.; DOBEREINER, J. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 21, n. 3, p. 193-196, 1996.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos Modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, p. 101-110, 2002.

SAS INSTITUTE. **User's guide**. Versão 9.1.3. Cary: SAS Institute, 2008.

SCAPIM, C. A. S.; CARVALHO, C. G. P. de; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 683-686, 1995.

SILVA, A. P.; ARRUDA, T. F.; BACH, E. E. Ação do *Azospirillum brasiliense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **Conscientiae Saúde**, v. 3, p. 29-35, 2004.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA, L. M. M. **Desempenho agrônomo de milho em função do tratamento de sementes com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio mineral**. 2013. 72f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, p. 1495-1503, 1994.

SMITH, D. R.; WHITE, D. G. Disease of Corn. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, Y. W. (Ed.). **Corn and Corn Improvement**. 3.ed. Madison, 1988. pp.687-766.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, p. 43-47, 2006.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Giberelinas: reguladores da altura dos vegetais**. In: Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 485-516.

TEIXEIRA, F. F.; GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T.; LEITE, C. E. P.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. O.; GUIMARÃES, L. J. M.; SILVA, A. R.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J. Evaluation of maize core collection for drought tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, p. 312-320, 2010.

UNDERSANDER, D. J. Alfalfa (*Medicago sativa*, L.) growth response to water and Temperature. **Irrigation Science**, v.8, p.23-33, 1987.

USDA – United States Department of Agriculture. **Corn Economic Research Service**. United States: USDA, 2014. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

ZANATTA, A. C. A; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agrônômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 1001-1016, 1991.

ZUCARELI, C.; CIL, I.R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agronômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n.13, p.152-157, 2011.

WASKOM, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E.; SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

WOLF, D. P.; PETERNELLI, L. A.; HALLAUER, A. R. Estimates of genetic variance in an F2 maize population. **The journal of heredity**, Oxford, v. 91, n. 5, p. 384-391, 2000.