

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE MILHO PARA A
RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM
*Azospirillum brasilense***

Kevyn Belonssi de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE MILHO PARA A
RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM
*Azospirillum brasilense***

Kevyn Belonssi de Oliveira

Orientadora: Profa. Dra. Fabíola Vitti Môro

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Vitti Môro

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

2019

O48d

Oliveira, Kevyn Belonssi de

Desempenho de genótipos de milho para a resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* / Kevyn Belonssi de Oliveira. --

Jaboticabal, 2019

32 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Fabíola Vitti Môro

Coorientador: Gustavo Vitti Môro

1. Zea Mays L.. 2. *Azospirillum brasilense*. 3. Caracteres agronômicos. 4. Nitrogênio. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE MILHO PARA A RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*

AUTOR: KEVYN BELONSSI DE OLIVEIRA

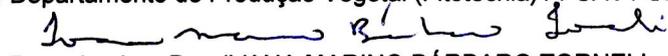
ORIENTADORA: FABIOLA VITTI MÔRO

COORIENTADOR: 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 (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. IVANA MARINO BÁRBARO TORNELI
Pólo Regional Alta Mogiana-APTA / Colina/SP


Profa. Dra. SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI
Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 08 de novembro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KEVYN BELONSSI DE OLIVEIRA – nascido em 20 de dezembro de 1994 no município de Pitangueiras, interior do estado de São Paulo. Em 2011 formou-se Técnico em Administração pela Escola Técnica Estadual Professor Idio Zucchi, Centro Paula Souza, no município de Bebedouro. Em 2012, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica (Bacharelado) na Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Jaboticabal. Durante a graduação foi bolsista PROEX (Pro-Reitoria de Extensão) com o Projeto Hortaliças, bolsista de Iniciação Científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o projeto “Monitoramento de raças de *Bremia lactucae* em alface no estado de São Paulo no ano de 2014”, foi membro do Grupo Integração Empresa Universidade (GIEU), gestão 2015, atuou na área de Fitotecnia, trabalhando principalmente com nutrição de plantas, fitopatologia e melhoramento genético. Em 2016 estagiou na empresa CANAOESTE, no departamento técnico. Em 2017 ingressou no curso de Pós-Graduação, Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), na Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Jaboticabal, sendo bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Durante o mestrado atuou como membro do Grupo NEGEMM (Núcleo de Estudos em Genética e Melhoramento de Milho), constituído por estudantes de pós-graduação da instituição.

Desejo que você, não tenha medo da vida, tenha medo de não vivê-la. Não há céu sem tempestades, nem caminhos sem acidentes. Só é digno do pódio quem usa as derrotas para alcançá-lo. Só é digno da sabedoria quem usa as lágrimas para irrigá-la. Os frágeis usam a força; os fortes, a inteligência. Seja um sonhador, mas una seus sonhos com disciplina. Seja um debatedor de ideias. Lute pelo que você ama.

Augusto Cury.

Ofereço este trabalho à minha família pelo apoio, amor e carinho, em todos os momentos, e a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem devo minha vida, pela força nos momentos difíceis e por abençoar meu caminho, tornando possível esta grande conquista.

A minha família pelo apoio e por sempre ser minha base, em especial minha mãe Nelma de Cássia Belonssi, meu pai Franklin Camilo de Oliveira, minha madrastra Patrícia Regina de Oliveira, meus irmãos Kainan Belonssi e João Gabriel de Oliveira. Agradeço a toda minha família por me apoiarem nessa vida e estarem comigo quando eu mais preciso.

Aos meus queridos avós, Sônia e Martins com quem convivi durante sete anos de UNESP, obrigado pelo acolhimento e por sempre se preocuparem comigo como sendo um filho, sem vocês esse sonho não seria possível.

Aos meus avós paternos Vera Lúcia e Francisco Oliveira, por todo suporte, desde tão pequeno até esta fase de minha vida.

Ao meu namorado Carlos Henrique Sena pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado, obrigado por cada momento, onde sempre foi meu companheiro e me ajudou, e também a sua família Rosângela, Valmir, Ketully, Kaynnan e Caio, por se tornarem também minha família.

À minha equipe de trabalho e amigos, Flávia Alves Marques da Silva, Kian E. Moraes, Luiz Eduardo Bertasello, Lucas Tadeu Mazza Revolti, Camila Baptista do Amaral, Rodolfo Buzinaro, Sophia Mangussi Franch Dutra, Élcio Hissagy Samecima Jr., Lucélia Santos, Marco Renan Félix e Patrícia Sitta, muito obrigado pela ajuda e companheirismo; um muito obrigado especial à Naiara Scarabeli Zancanari pelo companheirismo e prestatividade.

Aos meus orientadores Prof.^a Fabíola Vitti Môro e Prof. Gustavo Vitti Môro, pela oportunidade concedida, pela excelente receptividade, paciência e orientação durante a realização do mestrado.

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Jaboticabal, por toda a estrutura oferecida, funcionários, em especial ao colaborador Rúbens (Faro) e ao corpo docente pelos ensinamentos transmitidos dentro ou fora das salas de aula.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Por fim, a todos que de alguma forma torceram para que eu conseguisse chegar até aqui, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho	2
2.2 O nitrogênio e a adubação nitrogenada	3
2.3 Bactérias diazotróficas do gênero <i>Azospirillum</i>	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Componentes da Produção	7
3.2 Caracteres Morfoagronômicos.....	7
3.3 Análise dos Resultados.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4.1 Componentes da Produção	9
4.2 Caracteres Morfoagronômicos.....	16
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS.....	24
APÊNDICES.....	29

DESEMPENHO DE GENÓTIPOS DE MILHO PARA A RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*

RESUMO - A inoculação com *Azospirillum brasilense* vem sendo praticada na cultura do milho contribuindo com ganhos na produtividade e reduzindo os impactos ambientais decorrentes da utilização de fertilizantes nitrogenados. Dessa forma, é crescente a busca por genótipos de milho que detenham genes que promovam uma associação eficiente com *A. brasilense*. O objetivo deste trabalho foi caracterizar genótipos de milho quanto à resposta a inoculação com *A. brasilense*. Foram avaliados 46 genótipos de milho na primeira safra 2018/19 em Jaboticabal-SP no delineamento de blocos ao acaso com duas repetições. Foram conduzidos na mesma área dois experimentos, sendo um com inoculação de *A. brasilense* via solo sem a realização de adubação nitrogenada de cobertura (AZOS) e outro com adubação nitrogenada de cobertura sem aplicação de *A. brasilense* (N), ambos os experimentos receberam adubação nitrogenada no plantio. Avaliou-se a produtividade de grãos, prolificidade, Comprimento da espiga, Diâmetro da espiga, Número de fileiras de grãos na espiga, Número de grãos por fileira, Peso médio de 500 grãos, altura de planta, altura de espiga, posição relativa da espiga, florescimento masculino, florescimento feminino e tombamento de plantas. Os dados foram submetidos ao teste F e comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, também para cada genótipo foi obtida a eficiência na resposta à inoculação com *A. brasilense* e realizada a análise estatística multivariada por componentes principais. Foi possível caracterizar genótipos de milho quanto à resposta à inoculação com *A. brasilense* via solo, sendo a resposta à inoculação dependente do genótipo utilizado. Os genótipos 1, 6, 13, 18, 20, 23, 25, 32 e 33 são os mais promissores na resposta à inoculação com *A. brasilense*, com aumento na nos componentes da produção. Os genótipos 12, 13, 23, e 27 apresentaram os melhores desempenhos ao uso de *A. brasilense* para os caracteres morfoagronômicos. Estes genótipos selecionados são indicados para compor populações base de programas de melhoramento genético de milho para o uso do *A. brasilense*, contribuindo com o avanço e continuidade da pesquisa.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas, nitrogênio, produtividade de grãos, *Zea mays*

PERFORMANCE OF MAIZE GENOTYPES IN RESPONSE TO INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense*

ABSTRACT - *Azospirillum brasilense* inoculation has been practiced in maize crop improving grain yield and reducing the environmental impacts resulting from the use of nitrogen fertilizers. Thus, the search for maize genotypes with genes that promote an efficient association with *A. brasilense* is increasing. The aim of this study was to characterize maize genotypes in response to inoculation with *A. brasilense*, using 46 maize genotypes in the summer growing season 2018/19 in Jaboticabal-SP in a randomized complete block design with two replications. Two experiments were carried out in the same area, one with *A. brasilense* inoculation via soil without nitrogen fertilization (AZOS) and another with nitrogen fertilization without *A. brasilense* (N). The evaluated traits were: grain yield, prolificacy, ear length, ear diameter, lines per spike, number of grains per line, average weight 500 grains, plant height, ear height, relative ear position, male flowering, female flowering and tipping of plants. The data were submitted to the F test and compared by the Scott-Knott test at 5% probability. For each genotype was obtained the efficiency in response to inoculation with *A. brasilense* and multivariate statistical analysis was performed by principal components. It was possible to characterize maize genotypes in response to inoculation with *A. brasilense* via soil, and the response to inoculation was dependent on the genotype used. The genotypes 1, 6, 13, 18, 20, 23, 25, 32 and 33 are the most promising in response to inoculation with *A. brasilense*, with increased in production components. Genotypes 12, 13, 23, and 27 showed the best performance when using *A. brasilense* for plant traits. These selected genotypes are indicated to compose base populations of maize genetic breeding programs for the use of *A. brasilense*, contributing to the progress and continuity of the research.

Key-words: Diazotrophic bacteria, grain yield, nitrogen *Zea mays*

LISTA DE ABREVIATURAS

AE: Altura de espiga

AP: Altura de planta

AZOS: *Azospirillum*

CE: Comprimento da espiga

cm: centímetros

CP: Componentes principais

CV: Coeficiente de variação

DE: Diâmetro da espiga

EXP: Experimento

FBN: Fixação Biológica de Nitrogênio

FF: Florescimento feminino

FM: Florescimento masculino

g: grama

GEN: Genótipos

kg ha⁻¹: quilogramas por hectare

L ha⁻¹: Litros por hectare

m: metro

mm: milímetro

mL: Mililitro

mL ha⁻¹: mililitros por hectare

N: Nitrogênio

NF: Número de fileiras de grãos na espiga

NGF: Número de grãos por fileira

PMG: Peso médio de 500 grãos

PRE: Posição relativa da espiga

PROD: Produtividade

PROL: Prolificidade

t ha⁻¹: Toneladas por hectare

TEST A: Testemunha A

TEST B: Testemunha B

TOMB: Tombamento

1. INTRODUÇÃO

No cultivo do milho o nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido e absorvido pela planta, e conseqüentemente, mais limitante à produção. Para garantir altas produtividades é necessária a utilização de elevadas quantidades de fertilizantes nitrogenados, o que torna o cultivo altamente dependente de fertilizantes químicos, onerando o custo de produção, além de poder acarretar em problemas ambientais (Carvalho et al. , 2011).

Por outro lado, como fonte alternativa a adubação química, bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* atuam principalmente na Fixação Biológica de Nitrogênio atmosférico (FBN) e produção de fito-hormônios, estimulando o desenvolvimento de plantas. A inoculação com estirpes destas bactérias pode promover maiores produtividades, reduzindo os impactos ambientais decorrentes da utilização de fertilizantes nitrogenados (Bashan et al. , 2004).

A inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho proporcionou incrementos na produtividade de grãos e em diversos outros caracteres (Braccini et al. , 2012), com casos onde a associação foi tão eficiente que permitiria a substituição parcial da fertilização nitrogenada (Lana et al. , 2012; Pereira et al. , 2015). No entanto, a resposta à inoculação pode ser influenciada pelas características genéticas das plantas, bem como pelas condições ambientais (Hungria, 2011). Estudos relacionados à eficiência ao uso de *A. brasilense* demonstram que há respostas diferenciadas de genótipos quando inoculados com esta bactéria (Buzinaro, 2017).

Os benefícios propiciados pela inoculação são influenciados pela especificidade da interação entre o genótipo da planta e a estirpe da bactéria (Dalla Santa et al. , 2004; Hungria, 2011; Braccini et al. , 2012). Dessa forma, é crescente a busca por genótipos de milho que detenham genes que promovam uma associação eficiente com as estirpes do *A. brasilense*.

Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar genótipos de milho quanto à resposta à inoculação com *A. brasilense*, a fim de selecionar genótipos responsivos, visando aplicá-los em programas de melhoramento genético voltados ao uso desta bactéria.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho

O crescimento da população mundial impõe uma crescente demanda por alimentos, o que força os agricultores a aumentar continuamente a produtividade nas suas lavouras. Neste contexto, a cultura do milho (*Zea mays* L.) se destaca, sendo um dos cereais mais cultivados no Brasil e no mundo, para fins de alimentação animal, humana e produção de etanol.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área plantada de milho no país na safra 2017/18 (primeira e segunda safra), foi de 16,6 milhões de hectares, enquanto nas safras 2018/19 o país atingiu 17,5 milhões de hectares plantados, representando um incremento de 5,3% em relação ao exercício anterior (Conab, 2019).

A produtividade de milho total nas safras de 2018/19 está estimada em 5.715 kg.ha⁻¹, 17,7% maior que a temporada anterior, sendo registrada a produtividade de 5.355 kg.ha⁻¹ de milho na primeira safra e espera-se 5.854 kg.ha⁻¹ para a segunda safra. A produção nacional em 2017/18 (primeira e segunda safra) foi de 80,7 milhões de toneladas, enquanto em 2018/19 é estimada uma produção recorde de 100 milhões de toneladas, registrando um aumento de 23% em relação à temporada passada (Conab, 2019).

A nível mundial, o crescimento econômico dos países asiáticos e a produção de etanol nos Estados Unidos vêm contribuindo para o aumento da demanda de milho, enquanto no Brasil, o crescimento no setor de carnes, aves e suínos incentivam o mercado interno dos grãos (Pavão e Ferreira Filho, 2011). A demanda de milho é crescente, tanto no cenário brasileiro quanto a nível mundial, dessa forma, o investimento em tecnologias que reduzam o custo de produção, aumentam a produtividade e permitem o desenvolvimento sustentável é relevante.

2.2 O nitrogênio e a adubação nitrogenada

No cultivo do milho o nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido e absorvido pela planta, e conseqüentemente, mais limitante à produção. Este nutriente possui grande influência na produtividade do milho, sendo essencial no metabolismo das plantas, constituindo enzimas, proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, citocromos, clorofila, etc. (Marschner, 2011).

O nitrogênio é o elemento mais abundante encontrado na atmosfera, cerca de 98% se encontra na forma orgânica (N_2), a qual não é assimilável pelas plantas. Já no solo, nas formas que é metabolizado pelas plantas, ele se encontra em escassez, apenas 2% é encontrado nas formas inorgânicas como íons nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (Okumura et al. , 2011).

Para suprir a alta demanda da agricultura, esse nutriente é fornecido principalmente por meio da adubação química. A ureia e o sulfato de amônio são os fertilizantes nitrogenados mais utilizados, sendo a ureia a principal fonte, pois apresenta maior concentração de N e melhor custo-benefício quando comparada aos demais adubos nitrogenados (Goes et al. , 2014).

Contudo, quando é realizada a fertilização nitrogenada, apenas 50% do adubo é aproveitado pelas plantas, parte do que é aplicado se perde principalmente por volatilização da amônia, lixiviação, desnitrificação, escoamento superficial e erosão, assim, a utilização excessiva de nitrogênio pode acarretar em problemas ambientais e até de saúde pública e segurança alimentar (Carvalho et al. , 2011). De acordo com Hungria et al. (2007), muitas doenças e problemas respiratórios em alguns países da Europa estão sendo relacionadas com o consumo de águas contaminadas com nitrato.

O excesso de nitrogênio gera também conseqüências negativas no solo, ocasionando um aumento de pH e gerando uma diminuição na absorção de outros nutrientes ali presentes, como ferro, cobre, zinco e níquel (Guedes, 2011). Além disso, os fertilizantes nitrogenados são produzidos através de processos energéticos envolvendo combustíveis fósseis, sendo a maior parte importados (Hungria et al., 2013), assim são adquiridos por altos valores, onerando o custo de produção das culturas.

Analisando este panorama, nota-se uma grande necessidade de se encontrar fontes alternativas de fornecimento de nitrogênio que reduzam a necessidade de adubação nitrogenada nas lavouras. Neste aspecto, torna-se de extrema importância estudos envolvendo bactérias promotoras do crescimento de plantas fixadoras de nitrogênio, a fim de garantir uma forma alternativa de fornecimento de N, que garanta a produtividade de forma sustentável e sem onerar o custo de produção.

2.3 Bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum* é composto por bactérias Gram-negativas, em forma de bastonete e usualmente uniflageladas, apresentam vida livre e são encontradas em solos de clima tropical e subtropical. Esses microorganismos, chamados diazotróficos, são capazes de realizar a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), através da conversão do nitrogênio gasoso existente na atmosfera para a forma de amônio, pela ação da enzima nitrogenase (Hungria et al. , 2007).

Estas bactérias também auxiliam na produção de fito-hormônios como auxinas, citocininas e giberelinas, (Correa et al. , 2008), aumentam a atividade da reductase do nitrato quando crescem de forma endofítica nas plantas (Cassán et al. , 2008) e funcionam como agente de controle biológico de patógenos (Correa et al. , 2008). Em geral, acredita-se que as bactérias do gênero *Azospirillum* beneficiam o crescimento e produtividade das plantas pela combinação de todos esses mecanismos (Dobbelaere et al. , 2003).

Quando inoculadas, essas bactérias podem alterar a morfologia do sistema radicular, número de radículas e diâmetro das raízes das plantas, provavelmente devido a produção dos hormônios de crescimento (Cavallet et al. , 2000), este desenvolvimento radicular possibilita maior volume de exploração do solo, e assim, maior captação de nutrientes (Silva et al. , 2004), maior tolerância a salinidade, seca (Bashan et al. , 2004) e a agentes patogênicos de plantas (Correa et al. , 2008), resultando em plantas mais produtivas (Hungria, 2011).

Dentre as espécies do gênero *Azospirillum* estão o *A. brasilense*, o *A. lipoferum*, o *A. amazonenses* e o *A. irakense*, sendo o *A. brasilense* a espécie mais

utilizada (Reis Junior, 2007). Atualmente, são aplicados inoculantes à base do *A. brasilense* provenientes das estirpes AbV5 e AbV6 (Hungria, 2011), estes inoculantes são comercializados nas formas líquida ou turfosa, com concentração mínima exigida pela legislação de 5×10^8 células.mL⁻¹. A forma líquida do produto é preferida pela facilidade de aplicação tanto via semente quanto via solo. A utilização de inoculantes a base de *A. brasilense* vem contribuindo com ganhos na produtividade, reduzindo os impactos ambientais decorrentes da utilização de fertilizantes nitrogenados e diminuindo o custo de produção das culturas.

Para a cultura do milho, a inoculação com *A. brasilense* tem proporcionado incrementos de produtividade e em diversos outros caracteres (Braccini et al. , 2012). Ensaio desenvolvidos pela Embrapa Soja demonstraram que a inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho proporcionou incrementos de 24 à 30% no rendimento de grãos, em relação ao controle sem inoculação (Hungria et al. , 2010).

Segundo Hungria et al. (2010), ao inocularem espécies selecionadas de *Azospirillum* em milho e trigo, encontraram aumentos de 26 e 30%, respectivamente, na produtividade de grãos dessas culturas, além de incrementos nas absorções de P e K pelas plantas. Também, Novakowski et al. (2011) encontraram, através da inoculação de *A. brasilense* um aumento de 30% na produtividade do milho em Guarapuava-PR.

Contudo, estudos relacionados à eficiência ao uso de *A. brasilense* demonstram que há resposta diferencial de genótipos de milho quando inoculados com as estirpes desta bactéria (Buzinaro, 2017), onde os benefícios propiciados pela inoculação são influenciados pela especificidade da interação entre o genótipo da planta e a bactéria (Hungria, 2011; Braccini et al. , 2012). Dessa forma, se faz necessário a utilização de genótipos adequados que detenham genes que promovam uma associação eficiente com as estirpes do *A. brasilense*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 46 genótipos de milho, representados por 44 genótipos sintéticos de propriedade da empresa Phoenix Agrícola Ltda. e 2 testemunhas,

sendo uma variedade comercial AL BANDEIRANTE (TEST A) e um híbrido simples DKB 390 PRO 3 (TEST B).

Os genótipos foram avaliados na primeira safra 2018/19 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP Jaboticabal-SP. O município de Jaboticabal-SP está situado à latitude 21° 15' 17" S e longitude 48° 19' 20" W com altitude de 605 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com verão quente e inverno seco, precipitação pluvial média anual de 1.428 mm e temperatura média de 21°C (Centurion 1998). O relevo é caracterizado como suave ondulado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico, textura argilosa, A moderado, caulínico oxidico (LVef) (Andrioli e Centurion, 1999).

Foram conduzidos dois experimentos, na mesma área e sob as mesmas condições, sendo:

Experimento 1: com aplicação de *A. brasilense* e sem adubação nitrogenada de cobertura (AZOS).

Experimento 2: com adubação nitrogenada de cobertura e sem aplicação de *A. brasilense* (N).

Em ambos os experimentos utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso (DBC) com duas repetições, sendo as parcelas experimentais constituídas por quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,45m entre linhas e 0,30m entre plantas dentro da linha. Como parcela útil, foram consideradas apenas as duas linhas centrais de cada parcela. A semeadura dos experimentos foi realizada no dia 18 de outubro de 2018, manualmente com matracas, utilizando-se 350 kg ha⁻¹ de adubo com formulação 8-28-16 na base. O controle de plantas daninhas e pragas foi realizado com base nas recomendações para a cultura do milho (Embrapa 2015).

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada via solo utilizando-se a ureia como fonte de N, na quantidade necessária para fornecer 140 Kg de N ha⁻¹, distribuídos manualmente em filete contínuo a 10 cm de distância das plantas. A inoculação com *A. brasilense* foi realizada utilizando o produto comercial QualyFix Gramíneas (mistura de estirpes AbV5 e AbV6 de *A. brasilense*, concentração 5.10⁸ células mL⁻¹), na dose 600 mL ha⁻¹, conforme recomendações do fabricante. A

aplicação foi realizada via solo, com o auxílio de uma bomba costal com bico tipo leque, na vazão de 50 L ha⁻¹. A adubação e a inoculação foram realizadas no estádio V5 da cultura, 18 dias após a emergência. Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

3.1 Componentes da Produção

- **Produtividade de grãos (PROD):** obtida por meio da debulha e pesagem dos grãos de cada parcela, corrigindo-se a umidade para 13% e convertida para toneladas por hectare (t ha⁻¹);

Comprimento da espiga (CE): medição feita com régua graduada, utilizando-se cinco 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 cinco 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 cinco espigas por parcela;

Número de grãos por fileira na espiga (NGF): número de grãos existentes na fileira da espiga, utilizando-se uma amostra de cinco espigas por parcela;

Peso médio de 500 grãos (PMG): 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;

3.2 Caracteres Morfoagronômicos

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, avaliada em seis 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 seis plantas por parcela, expressa em cm;

Posição relativa da espiga (PRE): determinado pela razão entre altura da espiga e altura da planta;

Florescimento masculino (FM): foi considerado o momento em que 50% das plantas apresentavam as anteras iniciando a liberação de pólen, expresso em dias.

Florescimento feminino (FF): foi considerado o momento em que 50% das plantas apresentavam estilos-estigmas visíveis, expresso em dias.

Tombamento (TOMB): avaliado pela contagem do número de plantas com o colmo quebrado abaixo da espiga principal ou deitada com menos de 45° em relação ao solo na época de colheita, transformando-se o resultado por $\sqrt{x + 1}$, onde x refere-se ao valor observado.

3.3 Análise dos Resultados

Inicialmente, foi realizada uma análise de variância para cada experimento, com intuito de verificar a homogeneidade da variância residual, e então, realizou-se a análise de variância conjunta dos experimentos, considerando os efeitos de genótipos, experimentos e a interação GenxExp. Foi realizado o desdobramento da interação GenxExp com intuito de contrastar o comportamento dos genótipos entre os manejos, aplicando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O resultado obtido foi apresentado por meio de uma tabela de médias.

Posteriormente, determinou-se a eficiência na resposta à inoculação com *A. brasilense* de cada genótipo e para cada caráter, utilizando-se a expressão utilizada para estimar a eficiência agrônômica em condições de baixo Nitrogênio (Wu et al., 2011) adaptada para condições de *A. brasiliense*, por meio da seguinte expressão:

$$ERAZY_n = \frac{(Az)^2}{N}, \text{ sendo:}$$

ERAZ_{Y_n} – eficiência na resposta ao uso *A. brasilense* do *Y*-ésimo genótipo para o *n*-

ésimo caráter;

Az – média do *Y-ésimo* genótipo para o *n-ésimo* caráter com inoculação com *A. brasilense*;

N – média do *Y-ésimo* genótipo para o *n-ésimo* caráter com aplicação de Nitrogênio em cobertura;

As eficiências dos genótipos foram submetidas à análise multivariada por componentes principais (CP), os resultados da análise foram representados pelos gráficos biplot, sendo os genótipos plotados nas matrizes x e y e representados por pontos. Foi realizada a discriminação das eficiências dos genótipos por meio de uma elipse de -2 a 2 em CP1 e CP2, onde os genótipos presentes dentro da elipse podem ser considerados sem propriedades específicas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os softwares SISVAR e o R (Ferreira, 2011; R core team, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Componentes da Produção

Os CVs% encontram-se dentro da faixa preconizada por Fritsche-Neto et al. (2012) para todos os caracteres estudados, sugerindo boa precisão dos dados obtidos neste trabalho (Tabela 1). A fonte de variação GEN apresentou significância pelo teste F para todas as características, indicando que os genótipos em estudo diferem entre si quanto as características avaliadas (Tabela 1).

Para a fonte EXP as características PROD, PROL, CE, DE, NF e NGF apresentaram efeito significativo, demonstrando que houve diferença entre o experimento com manejo com *A. brasilense* e adubação nitrogenada para estas características, contudo o PMG registrou diferença não significativa.

Não houve interação GEN*EXP para componentes da produção estudados, contudo, realizou-se o desdobramento da interação pela tabela de médias com o intuito de entender melhor o comportamento de cada genótipo entre os manejos

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para a resposta ao uso do *A. brasilense* para os componentes da produção a partir da avaliação de 46 genótipos de milho na primeira safra 2018/19 no município de Jaboticabal, SP.

FV	QM							
	GL	PROD	PMG	PROL	CE	DE	NF	NGF
GEN	45	1,40**	520,45**	0,06**	3,70**	21,03**	6,95**	32,46**
EXP	1	2,99**	34,86 ^{ns}	0,21**	20,61**	135,21**	7,78**	236,12**
GEN*EXP	45	0,40 ^{ns}	143,79 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,83 ^{ns}	5,62 ^{ns}	0,83 ^{ns}	18,51 ^{ns}
Resíduo	90	0,38	102,69	0,03	0,90	6,32	0,94	16,14
Média	-	4,89	147,23	1,02	15,13	45,85	14,89	29,64
CV (%)	-	12,68	6,88	16,97	6,30	5,48	6,54	13,55

** , * , ^{ns}, significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. FV: QM: quadrado médio; GEN: genótipo; EXP: experimento; GEN*EXP: interação genótipo*experimento; CV: coeficiente de variação (%); GL: grau de liberdade; PROD: produtividade de grãos (t ha⁻¹); PMG: peso médio de 500 grãos (g); PROL: prolificidade; CE: comprimento da espiga (cm), DE: diâmetro da espiga (mm), NF: número de fileiras de grãos na espiga, NGF: número de grãos por fileira.

Analisando a Tabela 2, foi possível observar que a inoculação com *A. brasilense* proporcionou um aumento de 5% (250 kg ha⁻¹) na média geral de PROD em relação ao experimento com aplicação de N em cobertura. Esse incremento pode estar associado às maiores médias gerais obtidas para DE, NF e PMG em condição de inoculação. Cerca de 65% dos genótipos avaliados neste trabalho obtiveram média de produtividade de grãos superior com aplicação de *A. brasilense* em relação à adubação nitrogenada de cobertura (Tabela 2).

Os genótipos 1 e 20, para PROD, registraram diferença significativa entre os experimentos AZOS e N, com desempenho superior quando inoculados com *A. brasilense*, sendo que para estes genótipos a inoculação proporcionou incrementos de 1,27 e 1,55 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2). O genótipo 20 registrou a maior PROD associada a maior NF, não havendo decréscimo de média para nenhuma característica ao deixar de aplicar fertilizante nitrogenado em cobertura. Os genótipos 2, 6, 12, 13, 14, 23, 25, 27, 32, 33 e 35, também considerados os mais produtivos em AZOS, apresentaram estatisticamente o mesmo desempenho

Tabela 2. Média dos componentes da produção de 46 genótipos de milho avaliados na primeira safra 2018/19 no município de Jaboticabal-SP.

GEN	PROD		PROL		CE		DE		NF		NGF		PMG	
	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N
1	5,66 Aa	4.39 Bb	0.96	1.03	15.80a	16.15a	49.91a	45.26a	16.40a	16.50a	29.40	32.60	140.95b	129.35b
2	5,77a	5.61a	0.86	1.09	13.90 Bb	15.85 Aa	48.80a	48.11a	15.80a	14.60b	28.70	31.50	143.50b	143.30b
3	4,12b	4.92b	1.04	0.93	14.80a	15.40a	44.05b	40.43b	14.20b	14.60b	32.40	29.90	125.95b	135.95b
4	4,66b	4.77b	0.96	0.89	14.25b	15.00b	42.48b	40.07b	12.75b	13.37b	26.00	33.25	144.00b	131.45b
5	4,67b	4.56b	0.93	0.89	15.47a	15.55a	45.23b	42.26b	14.90b	14.80b	30.55	30.60	146.40b	145.85b
6	6,15a	5.28a	0.99	1.22	13.80b	13.60b	48.98a	45.64a	15.50a	16.40a	27.80	24.80	161.75a	145.25b
7	4,66b	4.81b	0.99	1.09	15.65a	16.30a	43.32b	42.94b	13.70b	12.40b	26.90	30.70	165.20a	169.45a
8	4,11b	4.63b	0.80	1.01	13.85 Bb	15.85 Aa	45.59b	47.75a	14.20b	15.20a	23.00 B	33.00 A	138.30b	143.45b
9	3,91b	3.83b	1.11 B	1.52 A	11.35 Bb	13.60 Ab	44.80b	44.84a	13.10b	12.40b	20.90	26.40	161.55a	141.05b
10	4,63b	5.52a	1.08	1.00	15.55a	16.65a	48.61a	47.10a	16.60a	15.30a	29.00	28.60	142.85b	139.15b
11	5,15b	5.11a	0.94	1.00	15.80a	15.60a	46.57b	46.23a	15.60a	16.20a	28.60	28.70	148.50b	131.35b
12	6,14a	5.46a	0.99	1.18	16.45a	18.00a	49.33a	50.88a	16.30a	17.80a	32.00	34.00	154.60a	160.75a
13	5,86a	5.70a	1.09	0.91	16.05a	16.10a	47.86 Aa	41.33 Bb	16.30a	16.60a	30.00	33.20	137.10b	139.00b
14	5,59a	5.85a	1.05	0.87	16.35a	16.75a	46.19b	47.67a	18.20 Aa	16.00 Ba	30.80	31.00	126.80b	144.25b
15	4,95b	5.71a	0.80	0.84	14.37b	15.05b	46.92a	47.96a	17.00a	16.80a	27.90	31.60	136.95 Bb	158.15 Aa
16	4,35b	4.93b	1.36	1.24	14.15b	14.30b	46.76a	46.88a	15.20a	13.90b	25.80	32.50	130.65b	150.10a
17	4,20b	3.98b	1.17	1.10	14.80a	15.01b	44.91 Ab	39.53 Bb	14.30b	13.05b	25.80	28.12	157.40 Aa	122.45 Bb
18	4,67b	3.55b	0.55 B	1.03 A	14.70a	14.16b	43.81b	42.07b	14.20b	12.27b	26.50	25.97	158.95a	152.65a
19	4,72b	4.91b	0.82	1.10	13.20 Bb	15.40 Aa	46.60b	46.06a	14.20b	14.80b	24.30	27.60	164.05a	162.05a
20	6,82 Aa	5.26 Ba	1.03	1.05	14.55b	14.45b	49.56a	45.54a	15.80 Aa	13.40 Bb	28.80	29.50	147.55b	146.30b
21	4,20b	3.82b	0.89	0.90	13.30b	14.80b	45.46b	46.31a	13.40b	13.60b	26.80	32.40	147.95b	153.80a
22	3,98b	4.56b	1.08	0.93	13.20b	14.15b	45.85b	42.20b	13.80b	13.20b	28.70	29.20	145.35b	133.95b
23	5,39a	4.41b	0.95	1.06	14.40b	14.45b	48.56a	45.27a	15.20a	13.30b	30.80	29.20	146.55b	141.20b
24	5,01b	4.61b	1.23	1.28	14.05b	15.30a	48.94 Aa	43.95 Bb	16.70a	15.80a	25.90 B	35.30 A	131.10b	134.85b

Continua..

GEN	PROD		PROL		CE		DE		NF		NGF		PMG	
	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N
25	5.79a	4.84b	0.87	1.15	16.00a	14.25b	48.54a	45.51a	15.20a	14.60b	32.50	28.50	154.00a	138.05b
26	5.13b	4.26b	0.92	0.99	12.75 Bb	15.45 Aa	48.04a	43.40b	15.80a	15.70a	30.60	30.00	139.15b	127.85b
27	5.28a	4.86b	0.83	0.92	14.05b	14.60b	47.54a	45.97a	15.60a	15.30a	30.20	33.90	129.95b	133.30b
28	4.33b	5.15a	1.24	1.28	13.85b	15.55a	47.24a	49.47a	15.50a	16.80a	26.20	32.40	149.45a	137.20b
29	4.32b	4.09b	0.77	1.03	15.15a	15.65a	45.61b	42.62b	15.30a	14.20b	28.70	30.80	142.15b	147.55b
30	5.07b	4.38b	0.96	1.25	17.25a	16.60a	45.74b	42.10b	14.70b	13.80b	30.10	37.10	133.40b	132.10b
31	5.06b	4.56b	1.07	1.13	15.55a	15.92a	46.05b	43.81b	13.60b	13.55b	30.70	29.55	154.70a	148.60a
32	5.44a	4.74b	1.05	1.05	15.07a	15.15b	47.15a	43.43b	16.00a	15.60a	37.20	35.30	132.05b	134.20b
33	5.95a	5.08a	0.93	0.86	16.20a	16.20a	50.42a	48.00a	15.50a	14.70b	31.10	29.50	154.35a	147.15b
34	4.65b	5.05a	1.07	0.90	13.00b	14.15b	47.61a	47.46a	16.60a	15.60a	25.50	28.20	133.80b	150.20a
35	5.65a	4.89b	0.95	1.02	15.00a	13.90b	50.00a	45.77a	15.80a	16.10a	27.90	33.70	154.80a	158.00a
36	5.04b	3.92b	0.86	1.02	14.40b	15.65a	42.09b	44.29b	13.50b	13.60b	24.80	30.90	165.20a	152.25a
37	4.89b	4.20b	0.97	1.14	14.80a	15.80a	44.94b	42.27b	14.80b	13.80b	24.90	28.70	150.10a	166.50a
38	4.80b	3.95b	0.89 B	1.30 A	15.30a	14.70b	45.26b	41.81b	12.80b	11.90b	24.60	29.90	177.40a	166.15a
39	4.31b	4.46b	1.18	1.08	14.70 Ba	16.60 Aa	41.58b	43.72b	13.80b	14.00b	27.20	32.40	147.50b	161.00a
40	5.20b	4.26b	1.00	1.12	15.00a	16.40a	42.71b	43.95b	14.30b	13.60b	27.50	31.20	154.20a	153.05a
41	4.37b	3.89b	0.97	0.97	14.80a	15.60a	44.72b	43.41b	14.50b	14.40b	25.20	30.40	156.20a	151.95a
42	5.12b	4.20b	1.09	0.87	15.60a	16.25a	48.62a	46.86a	15.40a	14.98a	28.81	29.86	135.80 Bb	157.25 Aa
43	5.05b	4.84b	0.94	0.90	14.75a	15.30a	49.58a	45.64a	17.60a	16.70a	30.50	30.20	120.55b	135.10b
TEST A	5.33a	6.02a	1.37	1.36	16.25a	17.25a	48.63a	48.79a	14.20b	14.80b	29.07	32.30	178.60a	172.80a
TEST B	6.41a	6.78a	0.99	1.13	16.15a	16.40a	53.51a	49.39a	18.00a	16.50a	29.10	31.70	160.30a	162.20a
46	4.44b	4.66b	0.92	1.02	15.25a	16.60a	44.01b	45.88a	12.60b	13.00b	26.70	29.50	165.15a	165.15a
MÉDIA	5,02	4,77	0,99	1,06	14,80	15,47	46,71	45,00	15,1	14,68	28,13	30,78	150,06	146,79

Médias seguidas por letras maiúsculas na HORIZONTAL e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na VERTICAL diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. AZOS: inoculação com *A. brasilense*; N: Adubação nitrogenada de cobertura; PROD: produtividade de grãos (t ha⁻¹); PROL: prolificidade; CE: comprimento da espiga (cm); DE: diâmetro da espiga (mm); NF: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileira; PMG: peso médio de 500 grãos (g).

entre os experimentos, sendo um resultado vantajoso, visto que o manejo com *A. brasilense* é sustentável e menos oneroso quando comparado à aplicação de N em cobertura.

Resultados similares foram encontrados por Chubatsu et al. (2012), que também verificaram que a inoculação com *A. brasilense* proporcionou incrementos na produtividade de grãos de genótipos de milho. Buzinaro (2017), também relatou resultados em que houve superioridade de médias de produtividade de híbridos que receberam inoculação com *A. brasilense*, quando comparados à aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Para o caráter PROL, embora o teste F aponte diferença significativa, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade não houve diferença significativa entre os genótipos (Tabela 2). Francisco et al. (2012) relatou resultados semelhantes onde a inoculação com *A. brasilense* não influenciou a prolificidade dos genótipos estudados. Revolti (2014), avaliando interação genótipos e formas de inoculação com *A. brasilense* em milho encontrou resultados similares em que a inoculação não afetou a prolificidade.

Embora, os genótipos 9, 18 e 38, tenham registrado diferença significativa entre os experimentos, com média superior em N, os demais, 93% dos genótipos, não diferiram entre os experimentos, apresentando os mesmos ganhos de prolificidade em AZOS e N. Uma possível explicação para as médias similares de prolificidade pode ser o espaçamento adotado, onde o adensamento que foi utilizado neste trabalho possivelmente aumentou a competição entre as plantas, resultando em número de espiga por planta próximo a 1 para todos os genótipos.

As características DE e NF registraram comportamentos similares com maiores médias gerais em condição de inoculação. Essas características estão diretamente relacionadas, pois quanto maior o diâmetro da espiga maior o número de fileiras de grãos na espiga.

Com relação ao DE, observou-se que os genótipos 13, 17 e 24 se destacaram, com comportamento superior em AZOS. O sintético 17 apresentou maior DE relacionado ao maior PMG, por sua vez o 24, apesar de aumentar o DE registrou um decréscimo significativo no NGF. Para NF, os genótipos 14 e 20 diferiram entre os experimentos, registrando maiores médias em condições de

inoculação com *A. brasilense*. Para os demais genótipos, a utilização da bactéria promoveu o mesmo número de fileira em relação à adubação nitrogenada de cobertura.

Por sua vez, as características CE e NGF, ambas também relacionadas, apresentaram menores médias gerais em AZOS. Os genótipos 2, 8, 9, 19, 26, 39, apresentaram CE inferior em AZOS, na qual o genótipo 8 que registrou menor média de CE associado a menor NGF, e o sintético 9 que revelou menor CE associado a menor PROL. Para NGF apenas, os genótipos 8 e 24 registraram diferença significativa entre os experimentos, sendo superior em N, os demais apresentaram diferença não significativa entre os manejos. Dentro de cada EXP, não houve diferença entre os genótipos segundo o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Considerando o PMG, o genótipo 17 apresentou melhor desempenho em AZOS, enquanto os sintéticos 15 e 42 registraram desempenho superior com a aplicação de N. Por sua vez, 93% dos genótipos obtiveram desempenho similar entre os experimentos, resultando em uma média geral ligeiramente superior no EXP AZOS.

De forma geral, o efeito positivo da inoculação nos componentes da produção dos genótipos pode ser reflexo dos benefícios proporcionados pelo *A. brasilense*, como a fixação biológica de nitrogênio e a produção de fito-hormônios de crescimento (Huerzo et al. , 2008), que estimulam o desenvolvimento da planta, contribuindo com o aumento da produtividade de grãos e os componentes da produção.

A partir do gráfico de dispersão das eficiências dos genótipos na resposta ao *A. brasilense*, observa-se que os genótipos 1, 6, 13, 18, 20, 23, 25, 32 e 33 foram os mais influenciados pela PROD, NGF, NF, CE e DE, indicando que estes genótipos são os mais promissores, demonstrando maior frequência de alelos favoráveis para eficiência no uso do *A. brasilense* para estas características. Destes genótipos, o 20, 1, 6, 33, 25 e 23 foram os mais eficientes para o caráter PROD, em ordem decrescente. Com destaque para os genótipos 23 e 25, que apresentaram eficiências acima da média para todas as características estudadas. (Figura 3).

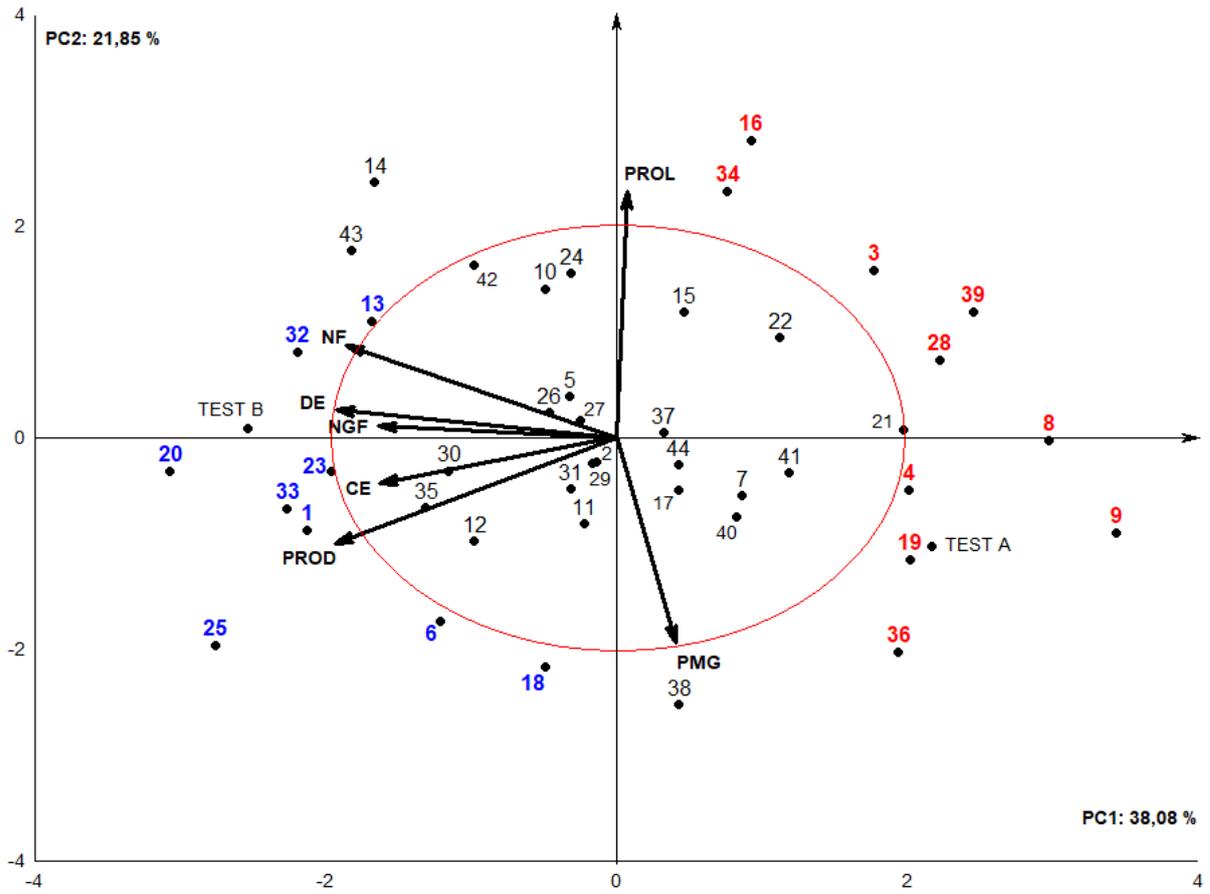


Figura 3. Gráfico biplot de dispersão de 46 genótipos de milho na eficiência na resposta a inoculação de *A. brasiliense*, durante a primeira safra 2018/19 em Jaboticabal/SP.

PROD: produtividade de grãos; PROL: prolificidade; CE: comprimento da espiga; DE: diâmetro da espiga; NF: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileira; PMG: peso médio de 500 grãos.

O genótipo 12 apresentou a 3ª maior eficiência para a produtividade de grãos, porém registrou baixas eficiências para NF e DE, sendo alocado internamente à elipse. Por sua vez, o genótipo 43 embora tenha se destacado externamente à elipse, apresentou eficiência para PROD abaixo da média, o mesmo foi apresentado para o genótipo 14 que embora tenha se destacado externamente à elipse apresentou valores abaixo da média para PROD e DE.

Contudo, os genótipos 3, 4, 8, 9, 16, 19, 28, 34, 36 e 39 foram os menos influenciados pelas características PROD, NGF, NF, CE e DE, com eficiência para PROD abaixo da média, sendo que os sintéticos 3, 28 e 8 registraram a 2ª, 3ª e 4ª menor eficiência para PROD, respectivamente. O genótipo 22 registrou a menor

eficiência para PROD, mas não foi destacado, pois apresentou eficiência acima da média para NGF, DE e PMG.

4.2 Caracteres Morfoagronômicos

Considerando-se os resultados da análise variância (Tabela 4), o coeficiente de variação (CV%), indicou boa precisão dos resultados obtidos nas avaliações, pois ficaram compreendidos dentro dos limites aceitáveis para a cultura do milho (Fritsche-Neto et al. , 2012).

A fonte de variação Experimentos (EXP) apresentou efeito significativo para todas as características, demonstrando que há diferença entre o experimento onde foi realizada a inoculação com *A. brasilense* e o experimento com aplicação de N em cobertura. A fonte de variação Genótipos (GEN) registrou efeito significativo para as variáveis PROD, AP, AE, FM e FF. No entanto, para as variáveis PRE e TOMB não houve efeito significativo, revelando que não há diferença entre os genótipos para estas características. A interação genótipo*experimento (GEN*EXP) foi não significativa para as características avaliadas, indicando que não há resposta diferencial dos genótipos em função do experimento. Contudo, realizou-se o desdobramento da interação pela tabela de médias, com o intuito de estudar melhor o comportamento dos genótipos entre os manejos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta para a resposta ao uso do *A. brasilense* para caracteres morfoagronômicos a partir da avaliação de 46 genótipos de milho na primeira safra 2018/19 no município de Jaboticabal, SP.

FV	QM							
	GL	PROD	AP	AE	PRE	FM	FF	TOMB
GEN	45	1,40**	761,47**	302,07**	0,001 ^{ns}	6,39**	7,74**	2,29 ^{ns}
EXP	1	2,99**	1023,67*	7063,04**	0,278**	11,01**	14,14**	37,81**
GEN*EXP	45	0,41 ^{ns}	201,21 ^{ns}	89,52 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,28 ^{ns}	2,35 ^{ns}
Resíduo	90	0,38	181,10	64,09	0,001	0,86	0,90	2,28
Média	-	4,90	197,64	117,68	0,60	61,57	61,86	8,25
CV (%)	-	12,68	6,81	6,80	5,32	1,50	1,54	58,48

** , * , ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. FV: fonte de variação; QM: quadrado médio; GEN: genótipo; EXP: experimento; GEN*EXP: interação genótipo*experimento; CV: coeficiente de variação (%); GL: grau de liberdade; PROD: produtividade de grãos (t ha⁻¹); AP: altura de planta (cm); AE: altura de espiga (cm); PRE: posição relativa da espiga FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); TOMB: tombamento de plantas (%).

Analisando a Tabela 5, considerando o caráter AP, os genótipos 13, 23, e 41 apresentaram diferença significativa entre AZOS e N, com maiores médias de AP em AZOS. Para estes genótipos observaram-se incrementos de 29, 32 e 29 cm, respectivamente, com a inoculação de *A. brasilense*. O genótipo 43 apresentou menor AP em AZOS comparado ao Nitrogênio, enquanto os genótipos, 1, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 27, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 40, TEST A e TEST B, apresentaram as maiores médias no experimento AZOS, com comportamento estatisticamente igual entre os experimentos.

A inoculação com *A. brasilense* proporcionou maior AP para alguns genótipos e para outros permitiu o mesmo crescimento de AP comparado à realização de adubação nitrogenada. Possivelmente, as bactérias diazotróficas contribuíram com alterações radiculares, que proporcionaram maior absorção de água e nutrientes da solução do solo, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea das plantas, além disso, as bactérias do gênero *Azospirillum*, produzem fito-hormônios, como o ácido indolacético (AIA), giberelina e citocininas, que desempenham papel essencial na promoção do crescimento de plantas (Bashan e De-Bashan, 2010).

Tabela 5. Média de caracteres morfoagronômicos de 46 genótipos de milho avaliados na primeira safra 2018/19 no município Jaboticabal-SP.

GEN	PROD		AP		AE		PRE		FM		FF		TOMB	
	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N
1	5.66 Aa	4.39 Bb	198.5 a	190.5 b	109.0 a	112.5 a	0,55	0,59	62.0 b	62.0 b	61.5 c	63.0 b	10,7	11,5
2	5.77 a	5.61 a	194.5 b	178.5 b	112.5 b	106.0 a	0,58	0,59	61.0 b	61.5 c	61.0 c	62.0 b	11,5	6,7
3	4.12 b	4.92 b	179.5 b	178.0 b	104.5 a	116.0 a	0,58 B	0,65 A	66.0 a	64.5 a	66.0 a	64.5 a	10,0	3,3
4	4.66 b	4.77 b	174.5 b	171.5 b	96.5 a	105.0 a	0,55	0,61	63.0 a	62.5 b	61.5 c	62.5 b	8,3	31,8
5	4.68 b	4.57 b	174.5 b	189.0 b	98.0 Ba	116.5 Aa	0,56	0,61	64.5 a	64.5 a	63.5 b	64.5 a	19,6	13,6
6	6.15 a	5.28 a	204.5 a	205.5 a	114.0 b	129.5 b	0,56 B	0,63 A	61.0 b	62.0 b	61.5 c	62.5 b	0,0	7,7
7	4.66 b	4.81 b	209.5 a	183.5 b	114.5 b	115.5 a	0,55 B	0,63 A	60.0 b	59.5 c	59.5 c	59.5 c	0,0	2,6
8	4.12 b	4.63 b	182.5 b	186.5 b	95.5 Ba	118.0 Aa	0,52 B	0,63 A	61.0 b	60.5 c	61.0 c	61.0 c	2,6	10,3
9	3.92 b	3.83 b	213.0 a	214.0 a	117.5 b	132.0 b	0,55	0,61	64.0 a	62.5 b	64.0 b	62.5 b	4,5	0,0
10	4.63 b	5.53 a	225.0 a	220.5 a	125.0 b	136.0 b	0,56 B	0,62 A	61.0 b	60.0 c	61.5 c	60.5 c	0,0	11,6
11	5.16 b	5.12 a	200.5 a	223.0 a	117.5 Bb	135.5 Ab	0,58	0,61	60.5 b	61.0 c	60.5 c	60.5 c	7,9	18,8
12	6.14 a	5.46 a	224.5 a	221.0 a	118.5 b	130.5 b	0,53	0,59	59.5 b	60.5 c	60.5 c	61.0 c	0,0	5,6
13	5.87 a	5.70 a	221.0 Aa	191.5 Bb	119.5 b	128.0 b	0,54 B	0,67 A	61.0 b	61.0 c	61.5 c	62.5 b	3,3	11,5
14	5.56 a	5.85 a	210.0 a	208.0 a	118.5 b	132.5 b	0,56 B	0,64 A	62.0 b	62.5 b	62.0 c	62.0 b	9,1	2,8
15	4.95 b	5.72 a	213.0 a	213.0 a	112.5 Bb	130.0 Ab	0,53 B	0,61 A	62.0 b	60.5 c	62.0 c	60.5 c	14,2	5,3
16	4.35 b	4.93 b	207.0 a	185.5 b	112.0 b	109.5 a	0,54	0,59	61.0 b	60.0 c	61.0 c	60.0 c	15,0	11,2
17	4.21 b	3.98 b	203.5 a	181.0 b	109.0 a	111.5 a	0,53 B	0,61 A	62.5 b	62.5 b	63.5 b	62.5 b	10,0	18,8
18	4.67 b	3.55 b	203.0 a	186.0 b	116.5 b	120.0 a	0,57 B	0,65 A	64.0 a	65.0 a	65.0 a	65.5 a	5,6	25,0
19	4.73 b	4.92 b	195.0 b	190.0 b	107.5 a	121.5 a	0,55 B	0,64 A	62.0 b	62.0 b	64.0 b	63.0 b	10,7 B	45,8A
20	6.82 Aa	5.27 Ba	199.0 a	194.0 b	112.5 b	124.0 a	0,56 B	0,64 A	61.0 b	59.5 c	61.0 c	59.5 c	2,4 B	20,8A
21	4.2 b	3.82 b	201.0 a	191.5 b	110.5 Ba	131.0 Ab	0,55 B	0,68 A	62.0 b	61.5 c	63.5 b	62.0 b	0,0	12,8
22	3.99 b	4.56 b	203.0 a	201.5 a	118.0 b	126.5 b	0,58	0,63	61.5 b	60.5 c	64.0 Ab	61.0 Bc	4,8	6,1
23	5.39 a	4.41 b	208.5 Aa	173.5 Bb	120.5 b	111.5 a	0,58 B	0,65 A	60.5 b	61.0 c	61.0 c	61.5 c	2,2	8,5
24	5.01 b	4.61 b	181.0 b	190.5 b	103.0 Ba	119.5 Ab	0,57	0,63	62.0 b	61.5 c	61.0 c	61.5 c	0,0 B	22,9A

Continua..

GEN	PROD		AP		AE		PRE		FM		FF		TOMB	
	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N	AZOS	N
25	5.79 a	4.84 b	202.0 a	185.0 b	114.0 b	118.0 a	0.56 B	0.64 A	61.0 b	60.0 c	62.0 c	61.0 c	12,0	16,3
26	5.13 b	4.27 b	179.0 b	192.5 b	98.0 Ba	124.5 Aa	0.55 B	0.65 A	60.5 b	60.5 c	60.5 c	60.5 c	0,0	3,3
27	5.29 a	4.86 b	202.0 a	185.0 b	115.0 b	117.0 a	0.57 B	0.65 A	60.0 Bb	62.0 Ab	61.0 Bc	63.0 Ab	0.0 B	17.4 A
28	4.33 b	5.15 a	178.5 b	178.0 b	94.5 Ba	115.0 Aa	0.53 B	0.65 A	61.5 b	60.0 c	61.5 c	61.5 c	3,3	17,1
29	4.32 b	4.10 b	177.0 b	177.5 b	106.5 a	116.0 a	0,60	0,66	64.5 a	64.0 a	67.0 Aa	64.0 Ba	3,6	6,3
30	5.08 b	4.38 b	186.0 b	171.5 b	108.5 a	119.5 b	0.58 B	0.7 A	61.5 b	62.0 b	61.5 c	60.5 c	6,3	7,1
31	5.07 b	4.56 b	199.0 a	204.0 a	120.0 b	129.5 b	0,60	0,63	63.5 Aa	61.0 Bc	62.0 c	61.0 c	5,8	0,0
32	5.44 a	4.75 b	216.0 a	211.5 a	120.5 b	130.5 b	0,56	0,62	61.0 b	61.5 c	62.5 c	61.0 c	5,0	2,8
33	5.95 a	5.08 a	205.0 a	191.0 b	109.5 Ba	130.0 Ab	0.53 B	0.68 A	61.0 Ab	59.0 Bc	61.5 c	60.0 c	3,3	6,2
34	4.65 b	5.05 a	203.5 a	192.5 b	115.0 b	121.0 a	0.57 B	0.63 A	61.0 b	60.5 c	61.5 c	60.5 c	2,0	0,0
35	5.65 a	4.89 b	195.5 b	201.5 a	104.5 Ba	127.5 Ab	0.53 B	0.63 A	61.5 b	61.5 c	61.0 c	60.5 c	0,0	11,1
36	5.04 b	3.92 b	206.5 a	213.5 a	113.5 b	128.5 b	0,55	0,60	62.0 b	61.0 c	61.5 c	61.0 c	5,2	0,0
37	4.89 b	4.2 b	203.5 a	194.5 b	109.0 a	123.5 a	0.53 B	0.64 A	61.5 Ab	59.5 Bc	61.5 Ac	59.5 Bc	8,2	2,6
38	4.8 b	3.95 b	187.0 b	171.5 b	103.5 a	113.5 a	0.55 B	0.66 A	62.0 b	61.5 c	61.5 c	61.0 c	10,7	13,3
39	4.31 b	4.46 b	180.0 b	199.5 a	98.5 Ba	122.0 Aa	0,55	0,61	61.0 b	59.5 c	61.0 c	60.0 c	2,8	10,0
40	5.21 b	4.27 b	204.0 a	207.5 a	110.0 Ba	138.0 Ab	0.54 B	0.66 A	61.0 b	60.5 c	60.0 c	60.5 c	5,3	2,9
41	4.37 b	3.89 b	214.5 Aa	185.5 Bb	122.5 b	124.5 a	0.57 B	0.67 A	61.5 b	61.0 c	61.5 c	60.5 c	3,1	11,8
42	5.12 b	4.20 b	176.0 b	189.0 b	98.0 Ba	120.0 Aa	0.56 B	0.63 A	61.5 b	60.5 c	63.0 b	61.5 c	4,5	3,1
43	5.05 b	4.84 b	190.0 Bb	219.0 Aa	104.0 Ba	137.5 Ab	0.55 B	0.62 A	61.0 b	61.0 c	63.0 Ab	61.0 Bc	8,8	12,5
TEST A	5.34 a	6.03 a	244.0 a	229.5 a	142.0 c	157.0 b	0.58 B	0.68 A	64.0 Aa	62.0 Bb	65.0 a	63.5 a	3.3 B	33.2A
TEST B	6.41 a	6.78 a	230.5 a	210.5 a	137.0 c	135.0 b	0,59	0,65	63.5 a	62.0 b	64.0 b	62.5 b	0.0 B	14.6A
46	4.44 b	4.66 b	194.5 b	205.5 a	101.5 Ba	132.0 Ab	0.52 B	0.63 A	62.5 b	62.0 b	63.0 b	63.0 b	0,0	6,7
MÉDIA	5,02	4,77	199,9	195,2	111,4	123,9	0,57	0,63	61,8	61,3	62,1	61,6	5,3	11,2

Médias seguidas por letras maiúsculas na HORIZONTAL e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na VERTICAL diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. AZOS: inoculação com *A. brasilense*; N: Adubação nitrogenada de cobertura; PROD: produtividade grãos (t ha⁻¹); AP: altura de planta (cm); AE: altura de espiga (cm); PRE: posição relativa da espiga; PROL: prolificidade; FM: florescimento masculino (dias) FF: florescimento feminino (dias); TOMB: tombamento (%).

Avaliando a AE, os genótipos 5, 8, 11, 15, 21, 24, 26, 28, 33, 35, 39, 40, 42, 43 e 46 apresentaram diferença significativa entre os experimentos, com menores valores de AE em AZOS. A inoculação com *A. brasilense* promoveu uma redução de 10% na média geral de AE em relação à adubação nitrogenada. Esta redução na altura de espiga resultou em menores índices de posição relativa de espiga. Cerca de 65% dos genótipos (3, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, TEST A e 46) apresentaram menores valores de PRE com aplicação de *A. brasilense*. Por sua vez, a redução da PRE é favorável, pois, diminui o tombamento de plantas, que prejudica a colheita das espigas influenciando a produtividade final de grãos (Li et al. , 2007).

Com relação aos caracteres de ciclo (FM e FF), em FM os genótipos 31, 33, 37 e TEST A, diferiram entre os experimentos com alongamento do ciclo em AZOS, enquanto o genótipo 27 encurtou o ciclo neste manejo. Para FF houve comportamento semelhante, onde os genótipos 22, 29, 37 e 43 apresentaram maiores médias em AZOS, e o genótipo 27 encurtou o ciclo em condições de inoculação de *A. brasilense*. Em ambos os casos, 90% dos genótipos não diferiram entre os experimentos, indicando que a aplicação de *A. brasilense* lhes proporcionou benefícios na AP, AE, PRE e TOMB sem alterar o ciclo vegetativo das plantas.

Observou-se também que os genótipos registraram sincronia no florescimento (dados não apresentados), com destaque para os sintéticos 1, 2, 6, 12, 13, 14, 20, 23, 25, 27, 32, 33 e 35, que apresentaram baixos intervalos entre florescimento masculino e feminino (IF), associados às maiores produtividade de grãos. Segundo Durães et al. (2002), um baixo intervalo entre florescimento masculino e feminino associado um alto rendimento de grãos pode ser um indicador de tolerância à deficiência hídrica, porque, em condições de déficit hídrico, as plantas aumentam o ciclo vegetativo, registrando redução na produção de grãos, assim, se foi registrado um baixo valor de IF associado à alta produtividade possivelmente pode ser uma adaptação a um dado estresse (Campos et al. , 2004).

O tombamento de plantas possui correlação negativa com produtividade de grãos (Moraes e De Brito, 2011). Dessa forma, são interessantes menores índices de tombamento. Os genótipos 19, 20, 27, TEST A e TEST B, registraram menores valores de TOMB com a inoculação de *A. brasilense* em relação à aplicação de N.

Nesta mesma condição, todos estes tratamentos, exceto a TEST A, apresentaram menores TOMB associados a menores índices de PRE. Os demais genótipos não apresentaram diferença significativa entre AZOS e N, segundo o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, indicando que apenas com a inoculação com *A. brasilense*, mesmo sem a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura, é possível produzir plantas vigorosas sem diminuir a tolerância ao tombamento.

A inoculação com *A. brasilense* pode contribuir com o desenvolvimento radicular, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, suprimindo melhor as demandas nutricionais da planta, resultando em plantas mais vigorosas e resistentes ao tombamento. Resultados semelhantes também foram encontrados por Bashan e De-Bashan (2010), onde a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* contribuiu com a redução dos índices de tombamento.

Pela análise de componentes principais, foi avaliada a distribuição dos genótipos de acordo com a eficiência na resposta à inoculação com *A. brasilense*. Os dois primeiros CPs explicaram 61,58% da variabilidade original dos dados (CP1: 33,32% e CP2: 28,26%). Observa-se que os genótipos 12, 13, 23 e 27 foram discriminados pelas variáveis PROD, AP e AE, e menos influenciados pelas características TOMB, PRE, FM e FF. Verifica-se que estes genótipos também estão alocados entre os mais produtivos segundo o Teste de Scott-Knott em condição de inoculação com *A. brasilense* (Figura 6).

Os genótipos 26 e 40 foram discriminados pela variável PROD, sendo menos influenciados pelas características AP, AE, TOMB, PRE, FM e FF. A TEST B foi discriminada por alta eficiência à AP e AE, entretanto, para PROD apresentou índice de eficiência abaixo da média. Nota-se que os genótipos 20 e 1, apesar de apresentarem os maiores valores de eficiência para PROD, não se alocaram em posição exterior a elipse, o que pode ser explicado pelos altos valores também registrados para PRE e FM. Por outro lado, os genótipos 3, 5, 8, 9, 28, 29, 31 e 39 foram discriminados pelas menores eficiências a PROD, sendo mais influenciados pelas características TOMB, PRE, FM e FF.

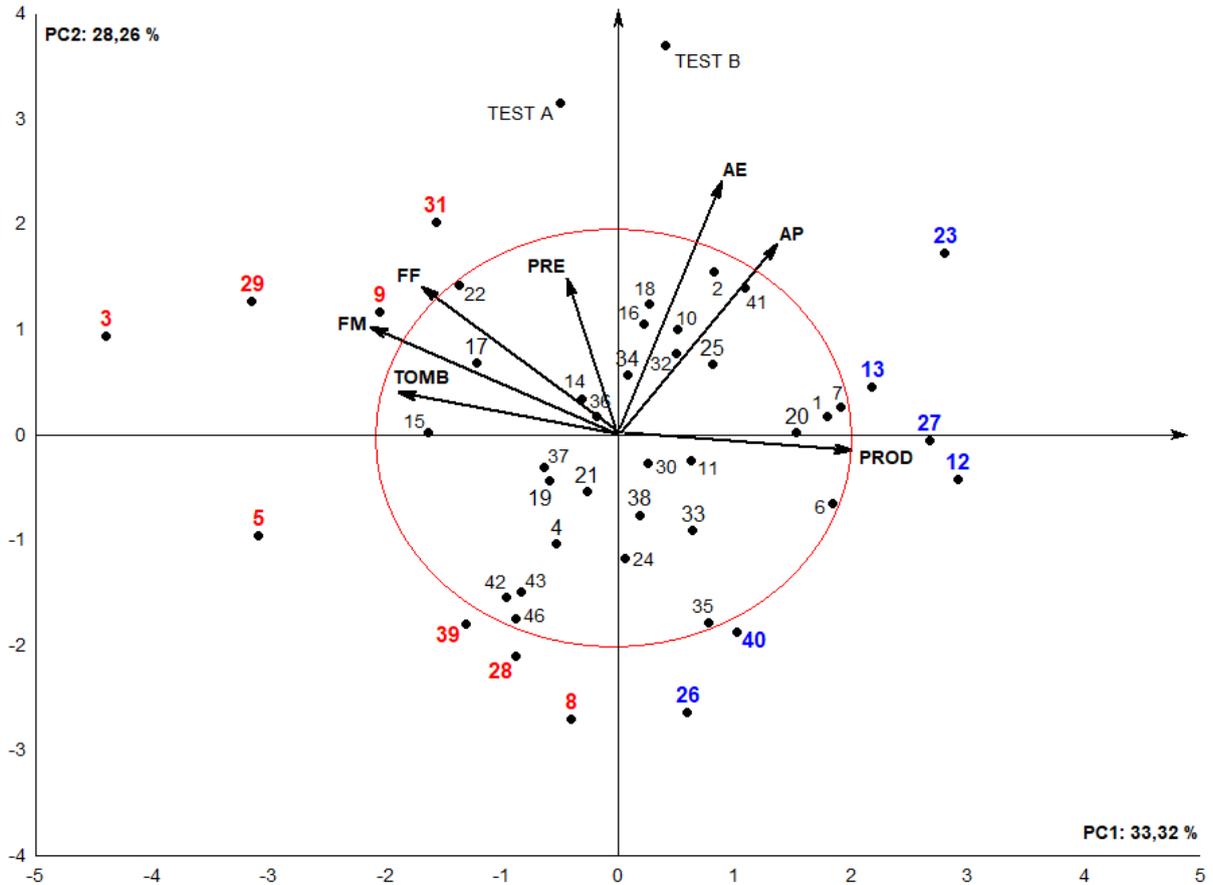


Figura 6. Gráfico biplot de dispersão de 46 genótipos de milho na eficiência na resposta à inoculação de *A. brasilense*, durante a primeira safra 2018/19 em Jaboticabal/SP.

PROD: produtividade grãos; AP: altura de planta; AE: altura de espiga; PRE: posição relativa da espiga; PROL: prolificidade; FM: florescimento masculino; FF: florescimento feminino e TOMB: tombamento.

Os genótipos 1 e 20 são os mais indicados quando se deseja aumentar a produtividade de grãos em condições de inoculação com *A. brasilense*. Considerando as eficiências para todas as características avaliadas, os genótipos, 12, 13, 23, e 27 se destacaram, pois se demonstraram mais eficientes à inoculação para AP, AE, e PROD, sendo não eficientes para FM, FF, PRE e TOMB. Estes sintéticos podem ser considerados como os mais promissores, sendo os mais recomendados para programas de melhoramento que desejam aumentar a frequência de alelos favoráveis para eficiência no uso do *A. brasilense*, para estas características.

5. CONCLUSÕES

- 1) Foi possível caracterizar genótipos de milho quanto a resposta à inoculação com *A. brasilense* via solo, sendo a resposta à inoculação dependente do genótipo utilizado.
- 2) Os genótipos 1, 6, 13, 18, 20, 23, 25, 32 e 33 são os mais promissores na resposta à inoculação com *A. brasilense*, com aumento na produtividade de grãos e componentes da produção.
- 3) Os genótipos 12, 13, 23, e 27 apresentaram os melhores desempenhos ao uso de *A. brasilense* para a produtividade de grãos e os caracteres morfoagronômicos.
- 4) Os genótipos selecionados são indicados para compor populações base de programas de melhoramento genético de milho para o uso do *A. brasilense*, contribuindo com o avanço e continuidade da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Andrioli I, Centurion JF, (1999) Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.1-4.

Bashan Y, De-bashan LE (2010) How the plant growth-promoting bacteria *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy** 108:77-136.

Bashan Y, Holguin G, Bashan LE (2004) *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). **Can. J. Microbiology** 50:521–577.

Braccini AL, Dan LGM, Piccini GG, Albrecht LP, Barbosa MC, Ortiz AHT (2012) Seed Inoculation with *Azospirillum brasilense* Associated with the Use of Bioregulators in Maize. **Revista Caatinga** 25:58-64.

Buzinaro R (2017) **Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos eficientes no uso de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em milho**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp Jaboticabal.

Campos H, Cooper M, Habben JE, Edmeades GO, Schussler JR (2004) Improving drought tolerance in maize: a view from industry. **Field Crops Research** 90:19-34.

Carvalho RP, Von Pinho RG, Davide LMC (2011) Desempenho de Cultivares de Milho Quanto à Eficiência de Utilização de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 10:108-120.

Cassán F, Sgroy V, Perrig D, Masciarelli O, Luna V (2008) Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN FD, 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.

Cavallet LE, Pessoa ACS, Helmich JJ.; Helmich PR (2000) Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 4:129- 132.

Centurion JF (1998) **Caracterização e classificação dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.** Tese de Livre docência –Unesp Jaboticabal.

Chubatsu LS, Monteiro RA, Souza EM (2012) Nitrogen fixation control in 916 *Herbaspirillum seropedicae*. **Plant and Soil** 356:197-207.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos: Décimo segundo Levantamento de Grãos – Safra 2018/19. Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

Correa OS, Romero AM, Soria MA, De Estrada M (2008) *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN FD, 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.

Dalla Santa OR, Soccol CR, Ronzelli Junior P, Hernández RF, Alvarez GLM, Dalla Santa ES, Pandey A (2004) Effects of inoculation of *Azospirillum* sp. in maize seeds under field conditions. **Food, Agriculture & Environment** 2:238-242.

Dobbelaere S, Vanderleyden J, Okon Y (2003) Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit Rev Plant Sci.* 22:107-49.

Durães FOM, Magalhães PC, Oliveira AC, Santos MX, Gomes E, Gama EE, Guimarães CT (2002) Combining ability of tropical maize inbred lines under drought stress conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 2:291- 298.

EMBRAPA MILHO E SORGO - Sistema de produção - http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_9ed/ -, 1ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 9ª edição - Nov/2015.

Ferreira DF. (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, 35:1039-1042.

Francisco EAB, Kappes C, Domingues L, Felippi CL (2012) Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* e aplicação de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindóia: 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/06156.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2019.

Fritsche-neto R, Vieira RA, Scapim CA et al. (2012) Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá 34:99-101 . Disponível em: <[www.http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v34i1.13115](http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v34i1.13115)>.

Goes RJ, Rodrigues RAF, Takasu AT (2014) Características agrônômicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 3:250-259.

Guedes IMR (2011) Uso Excessivo de Fertilizantes. Disponível em <http://scienceblogs.com.br/geofagos/2011/06/uso_excessivo_de_fertilizantes/>. Acesso em: 12 ago. 2019.

Huergo LF, Monteiro RA, Bonatto AC, Rigo LU, Steffens MBR, Cruz LM, Chubatsu LS, Souza EM, Pedrosa FO Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: Cassán FD, Garcia De Salamone I (2008) **Azospirillum sp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, p.17-35.

Hungria M, Mendes IC, Mercante FM (2013) A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E).

Hungria M (2011) **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja: ISSN 1516-781X; 325, p.36.

Hungria M, campo RJ, Souza EM, Pedrosa FO (2010) Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil** 331:413-425

Hungria M, Campo R, Mendes I (2007) **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja: Documento 283, ISSN 1516-781X.

Li Y, Dong Y, Niu S, Cui D (2007) The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome** 50:357-364.

Lana MC, Datora J, Marini D, Hann JE (2012) Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Rev. Ceres** 59:399-405.

Marschner P (2011) Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition. Academic Press.

Moraes DF, Brito CH (2011) **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. In: Horizonte Científico. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

Novakowisk JH, Sandini IE, Falbo MK, de Moraes A, Novakowski JH, Cheng NC (2011) Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 32:1687-1698.

Okumura RS, Mariano DC, ZACCHEO PVC (2011) Use of nitrogen fertilizer in 568 corn. **Applied Research & Agrotechnology** 4:226-244. Disponível em: <<http://200.201.10.18/index.php/repaa/article/view/1337>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

Pavão AR, Ferreira Filho JBS (2011) Impactos Econômicos da Introdução do Milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 49:81-108.

Pereira LM, Pereira EM, Revolti LTM, Zingaretti SM, Môro GV (2015) Seed quality, chlorophyll content index and leaf nitrogen levels in maize inoculated with

Azospirillum brasilense. **Rev. Ciênc. Agron.** v. 46, n. 3.

R Core Team (2016) **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria.

Reis Junior VM (2007) **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia: 22:598 (Documentos, 232)

Revolti LTM (2014) **INTERAÇÃO GENÓTIPO vs FORMAS DE INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM MILHO**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp Jaboticabal.

Silva AP, Arruda TF, Bach EE (2004) Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **Conscientiae Saúde** 3:29-35.

Wu Y, Liu W et al. (2011) Low-nitrogen stress tolerance and nitrogen agronomic efficiency among maize inbreds: comparison of multiple indices and evaluation of genetic variation. **Euphytica** 180:281–290.

APÊNDICES

Tabela 7. Eficiência na resposta à inoculação com *A. brasilense* de 46 genótipos de milho para componentes da produção, durante a primeira safra 2018/2019 no município de Jaboticabal-SP.

GEN	PROD	PROL	CE	DE	NF	NGF	PMG
1	8.07	0.91	15.46	55.05	16.30	26.57	153.83
2	5.94	0.68	12.29	49.55	17.10	26.15	143.98
3	3.55	1.29	13.33	45.34	11.09	30.20	116.69
4	4.71	1.05	13.93	45.12	12.21	20.49	161.17
5	4.82	1.13	15.43	48.72	15.00	30.75	149.27
6	7.26	0.82	14.04	52.60	14.68	31.63	180.13
7	4.87	0.89	15.03	44.05	15.36	23.57	161.25
8	3.78	0.70	12.13	43.53	13.28	16.09	133.35
9	4.01	0.86	9.47	44.81	13.85	16.61	186.49
10	3.95	1.22	14.54	50.19	18.02	29.43	147.62
11	5.24	0.93	16.08	46.97	15.05	29.03	168.00
12	7.29	0.83	15.06	47.84	14.93	30.19	150.05
13	6.06	1.32	16.02	55.74	16.10	27.26	135.27
14	5.53	1.28	15.98	44.93	20.86	30.68	111.50
15	4.29	0.87	13.83	46.18	17.21	24.65	118.72
16	3.97	1.51	14.02	46.67	16.64	21.06	113.86
17	4.45	1.30	14.59	51.02	15.82	23.72	203.66
18	6.16	0.29	15.26	45.62	16.89	27.16	165.51
19	4.55	0.61	11.32	47.20	13.65	21.97	166.09
20	9.24	1.02	14.93	54.20	19.04	28.28	148.84
21	4.96	0.96	12.02	44.65	13.28	22.17	142.78
22	3.52	1.26	12.32	49.87	14.51	28.25	158.95
23	6.92	0.90	14.44	52.40	17.53	32.74	153.94
24	5.50	1.19	13.16	54.50	17.67	19.01	128.10
25	6.99	0.68	18.10	51.92	15.85	37.12	173.79
26	6.21	0.98	10.54	53.34	16.09	31.30	151.64
27	5.80	0.75	13.53	49.17	15.91	26.94	127.07
28	3.71	1.29	12.40	45.19	14.39	21.21	163.01
29	4.60	0.58	14.68	48.81	16.52	26.83	137.06
30	5.94	0.85	17.96	50.06	15.69	24.54	136.15
31	5.64	1.08	15.26	48.46	13.65	31.91	161.62
32	6.24	1.09	15.04	51.19	16.42	39.85	129.94
33	7.16	1.01	16.24	52.97	16.35	32.89	162.29
34	4.30	1.27	11.95	47.79	17.80	23.07	120.94

Continua...

GEN	PROD	PROL	CE	DE	NF	NGF	PMG
35	6.57	0.89	16.27	54.71	15.52	23.49	151.71
36	6.50	0.75	13.28	40.07	13.44	19.92	179.28
37	5.70	0.83	13.88	47.93	16.03	21.63	136.25
38	5.84	0.62	16.00	49.07	13.79	20.38	189.48
39	4.18	1.30	13.02	39.55	13.61	22.89	135.54
40	6.42	0.90	13.74	41.75	15.04	24.71	156.17
41	4.97	0.99	14.06	46.30	14.62	20.97	160.60
42	6.26	1.36	14.94	50.56	15.90	27.78	118.23
43	5.36	0.99	14.33	54.21	18.55	30.92	108.61
TEST A	4.84	1.38	15.35	48.51	13.63	27.79	184.59
TEST B	6.06	0.94	15.90	57.97	19.65	26.74	158.81
46	4.24	0.84	14.01	42.23	12.21	24.22	165.48
MÉDIA	5.48	0.98	14.24	48.66	15.58	26.19	150.16

GEN: genótipo; PROD: produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$); PROL: prolificidade; CE: comprimento da espiga (cm); DE: Diâmetro da espiga (mm); NF: número de fileiras de grãos na espiga; NGF: número de grãos por fileira; PMG: peso médio de 500 grãos (g).

Tabela 8. Eficiência na resposta à inoculação com *A. brasilense* de 46 genótipos de milho para caracteres de morfoagronômicos, durante a primeira safra 2018/2019 o município de Jaboticabal-SP.

GEN	AP	AE	PRE	FM	FF	TOMB
1	208.22	108.94	0.52	62.02	60.04	1.14
2	212.70	121.29	0.57	62.51	60.03	3.68
3	181.58	93.64	0.52	67.54	67.57	10.68
4	179.45	90.04	0.50	63.51	60.52	1.60
5	162.49	82.15	0.51	64.50	62.53	14.44
6	204.09	101.11	0.50	60.08	60.66	0.62
7	240.94	113.98	0.47	60.51	59.50	0.70
8	178.61	76.78	0.43	61.51	61.00	0.97
9	212.03	105.70	0.50	65.57	65.54	5.55
10	230.56	115.29	0.50	62.02	62.52	0.31
11	181.47	101.27	0.57	60.01	60.50	2.00
12	228.50	108.77	0.48	58.53	60.01	0.39
13	261.00	112.09	0.45	61.02	60.52	1.19
14	212.11	106.12	0.50	61.51	62.02	9.79
15	213.65	98.12	0.46	63.54	63.54	10.11
16	234.68	115.09	0.50	62.02	62.02	3.96
17	229.18	105.96	0.46	62.52	64.52	10.58
18	221.85	113.31	0.51	63.08	64.54	1.35
19	201.35	95.29	0.47	62.00	65.08	1.41
20	206.44	103.41	0.50	62.54	62.54	0.67
21	212.49	94.45	0.45	62.54	65.04	0.30
22	205.51	110.48	0.54	62.52	67.16	2.10
23	251.04	130.09	0.52	60.01	60.51	0.95
24	173.61	89.83	0.52	62.51	60.54	0.22
25	220.82	110.07	0.50	62.03	63.03	3.36
26	166.94	78.55	0.47	60.52	60.52	0.68
27	222.07	113.52	0.51	58.06	59.08	0.24
28	180.24	80.45	0.44	63.08	61.52	0.96
29	176.77	97.79	0.55	65.01	70.16	4.21
30	202.67	100.72	0.49	61.01	62.52	4.91
31	195.80	114.68	0.58	66.11	63.03	6.83
32	220.84	111.24	0.50	60.51	64.04	5.70
33	220.58	92.51	0.42	63.07	63.04	1.71
34	214.83	109.52	0.51	61.54	62.58	3.00

Continua...

GEN	AP	AE	PRE	FM	FF	TOMB
35	190.92	86.46	0.45	61.50	61.51	0.31
36	200.46	102.58	0.51	63.02	62.01	6.16
37	214.01	95.91	0.45	63.57	63.57	5.55
38	204.07	94.96	0.46	62.51	62.01	2.63
39	162.95	80.53	0.49	62.54	62.03	3.39
40	201.62	88.07	0.44	61.51	59.51	2.70
41	247.42	120.56	0.49	62.01	62.53	1.03
42	164.25	80.51	0.49	62.53	64.54	2.37
43	172.43	82.82	0.48	61.00	65.07	2.80
TEST A	259.68	129.17	0.50	66.08	66.54	0.76
TEST B	253.65	138.08	0.54	65.07	65.57	0.26
46	183.64	82.11	0.45	63.01	63.02	0.63
MÉDIA	206.96	101.83	0.49	62.38	62.74	3.15

GEN: genótipo; AP: altura de planta (cm); AE: altura de espiga (cm); PRE: posição relativa da espiga; FM: florescimento masculino (dias); FF: florescimento feminino (dias); TOMB: tombamento (%).