

OPEN ACCESS

Azospirillum brasilense e nitrogênio no rendimento de óleo em grãos de milho, em cultivo de entressafra, sob baixa latitude

Editado por:

Dr. Vinicius Batista Campos
Instituto Federal da Paraíba, Princesa
Isabel-PB, Brasil

Seção:

Esse artigo foi submetido em Ciências
Agrárias, uma seção do *Journal of
Bioenergy and Food Science*

Azospirillum brasilense and nitrogen in the yield of corn oil, in off-season cultivation, under low latitude

¹  Vanderlan Carneiro DIAS, ¹  Joênes Mucci PELÚZIO, ^{1,*}  Maria Dilma de LIMA e
¹  Envandro REINA

ID JBFS212017

¹Universidade Federal do Tocantins, Campus Palmas. Quadra 109 Norte, Avenida NS15, ALCNO-14 - Plano Diretor Norte, 77001-090. Palmas - TO, Brasil.

DOI 10.18067/jbfs.v5i4.212

RESUMO

Processo de revisão:

Prot. 2122017R01 (Brasil)
Prot. 2122018R02 (Brasil)

*Autor para correspondência:

Maria Dilma de Lima
mariadilma@uft.edu.br

Conflito de interesse

Os autores declararam que não há
conflito de interesse.

Financiamento:

Os autores declararam que não houve
financiamento para o desenvolvimento
da pesquisa.

Recebido em: 09 de maio de 2017

Aceito em: 17 de novembro de 2018

Publicado em: 01 de dezembro de 2018

Citação:

Dias, V. C., Pelúzio, J. M., Lima, M. D.
de, & Reina, E. (2018). *Azospirillum
brasilense* e nitrogênio, em cultivo de
entressafra, sob baixa latitude. *Journal
of Bioenergy and Food Science*, 5(4), 106-
118. doi: 10.18067/jbfs.v5i4.212



JBFS all rights
Copyright: © 2018

O presente trabalho estudou o efeito do uso da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, inoculada via sementes, em associação ou não com doses de nitrogênio, na entressafra, no rendimento de óleo em genótipos de milho. Os ensaios foram realizados em duas épocas de semeadura em delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com 30 tratamentos e três repetições. Em cada época, os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 2x3x5, representado por dois processos de inoculação das sementes (com e sem inoculação), três genótipos de milho (Orion e Al Bandeirante, variedades de polinização aberta, e o Híbrido Duplo (AG-1051) e cinco doses de nitrogênio N (0, 50, 100, 150 e 200kg ha⁻¹) realizadas em cobertura. Foram avaliadas o rendimento de óleo dos grãos (kg ha⁻¹), análise de variância individual e, posteriormente, análise conjunta. O uso da bactéria *Azospirillum brasilense*, acompanhada ou não de doses de nitrogênio, promoveu aumento no rendimento de óleo nos grãos. A variedade Orion foi a que mais se destacou quando inoculada com a bactéria *Azospirillum*, sendo a mais eficiente quando cultivada sob baixo nitrogênio. A adoção desta prática não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados, mas poderá ser uma alternativa para reduzir os custos do produtor.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Fixação biológica. Inoculação. *Zea mays* L.

ABSTRACT

The present work investigated the effect of the use of diazotrophic bacteria *Azospirillum brasilense*, inoculated via seeds, in association or not with nitrogen doses, in the off-season, in the yield of oil in maize genotypes. The trials were carried out in two sowing times in a randomized complete block design (DBC) with 30 treatments and three replications. In each season, treatments were arranged in a 2x3x5 factorial scheme, represented by two seed inoculation processes (with and without inoculation), three corn genotypes (Orion and Al Bandeirante, open pollinated varieties, and Double Hybrid (kg ha⁻¹), an analysis of individual variance and, afterwards, the results of the analysis of variance (kg ha⁻¹) and five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200kg ha⁻¹). The use of the *Azospirillum brasilense* bacterium, with or without nitrogen doses, promoted an increase in oil yield in the grains. The Orion variety was the one that stood out the most when inoculated with the bacterium *Azospirillum*, being the most efficient when cultivated Under nitrogen The adoption of this practice is not a substitute for the use of nitrogen fertilizers, but may be an alternative to reduce the costs of the producer.

Keywords: Nitrogen fertilization. Biological fixation. Inoculation. *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, em virtude das suas diversas formas de utilização e potencial produtivo. Além disso, tem grande importância econômica e social: econômica, pelo valor nutricional de seus grãos e por seu uso intenso, nas alimentações humana e animal e como matéria-prima para a indústria e; social, por ser um alimento de baixo custo, pela viabilidade de cultivo tanto em grande, quanto em pequena escala e por ser a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne (Galvão, 2015).

Os maiores produtores mundiais do grão são: os Estados Unidos com 345,5 milhões de toneladas, a China com 224,6 milhões de toneladas, e o Brasil com 81 milhões de toneladas, somando juntos, aproximadamente, 70% da produção mundial (USDA, 2016).

No Brasil, é o segundo grão mais cultivado, ocupando uma área cultivada de 11.549,7 milhões de hectares e produção estimada para safra 2018/2019 de 63,7 milhões de toneladas, apesar da relevância da cultura do milho na economia do Brasil, a produtividade média do país não tem ultrapassado os 5.518 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

No estado do Tocantins a baixa produtividade do milho se deve, dentre outros fatores, a presença de altas temperaturas, aliada ao baixo nível tecnológico empregado pelos produtores e a escassez de sementes melhoradas e de variedades adaptadas às condições de estresses abióticos, tais como as variações climáticas e nutricionais; neste último caso, relacionadas principalmente ao N, dentre outros fatores (Santos et al., 2015).

O nitrogênio é o macronutriente mineral que exerce maior influência na produtividade de grãos e também o que mais onera o custo de produção (Repke et al., 2013). Além disso, é fundamental para o estabelecimento e duração da área foliar, na formação das espigas, na formação da fonte produtora de fotoassimilados (Rambo et al., 2007), no aumento nos teores de proteínas, no crescimento dos microorganismos e na decomposição da matéria orgânica (Malavolta, 2006).

Segundo Hungria (2011), a inoculação das sementes de milho *Azospirillum brasilense* pode resultar em maiores benefícios por menor poluição ambiental que resulta da produção de fertilizantes nitrogenados através da fixação biológica, bem como pela redução na emissão de gases de efeito estufa. De modo geral, além da economia para os agricultores, o uso de *Azospirillum* contribui para o ambiente e poderá em breve ser comercializado como créditos de carbono.

Ambientalmente torna-se imprescindível o aumento da produção sem desmatamento, com uso e recuperação das áreas de pastagens, que foram degradadas com a pecuária, fazendo uso de práticas conservacionistas como o plantio direto e a adoção de variedades adaptadas as regiões dos climas tropicais do cerrado. Neste contexto, o presente trabalho realizou estudos sob o efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* no rendimento de óleo nos grãos de milho, com e sem o uso de nitrogênio, sob condições de baixa latitude.

MATERIAL E MÉTODOS

Na entressafra 2015, foram conduzidos dois ensaios na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins - UFT, campus de Palmas (220m de altitude, 10°45' S e 47°14' W), sendo as semeaduras realizadas em 10 julho e 01 de agosto de 2015, em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, com histórico de cultivo de batata doce

nos últimos dois anos, os dados da análise físico-química, de 0-20cm, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo utilizado nos ensaios da entressafra 2015.

Table 1. Physical-chemical characterization of the soil used in the off-season trials 2015.

M.O. g/dm ⁻³	pH (CaCl)	P (Melic) mg/dm ⁻³	K mg/dm ⁻³	Ca cmolc/dm ⁻³	Mg cmolc/dm ⁻³	CTC	S.B. (%)	Textura (%)	Classe
19	6,5	35	22	5,2	2,8	9,41	86,18	Argila 23 Silte 6 Areia 71	Franco Argilo Arenosa

Na Figura 1 são apresentados os dados de temperatura média (°C) semanais, registrados no período de julho a dezembro de 2015, durante a condução dos ensaios experimentais, dados.

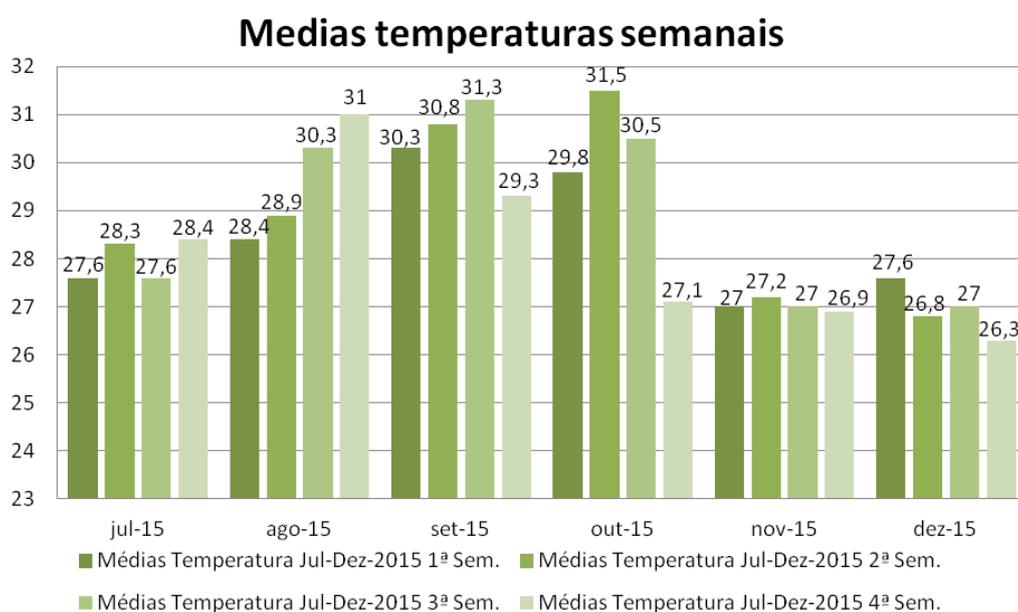


Figura 1. Médias de Temperaturas (°C) semanais de julho a dezembro, ocorridas durante a condução dos ensaios experimentais na entressafra 2015.

Figure 1. Temperatures (°C) weekly from July to December, occurring during the conduction of the experimental tests in the between harvests 2015.

O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de Blocos Casualizados (DBC) com 30 tratamentos e três repetições, num esquema fatorial 2x3x5, sendo dois processos de inoculação das sementes (com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense*), três genótipos de milho [(Orion e Al Bandeirante, variedades de polinização aberta, e o Híbrido duplo (AG-1051)] e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200kg ha⁻¹) realizadas em cobertura, utilizando sulfato de amônia, em doses fracionada. Aplicando-se a primeira metade de cada dose no estágio V4 e V6, com quatro e seis folhas completamente desenvolvidas, respectivamente. A parcela

experimental foi representada por duas fileiras de três metros e espaçadas de um metro com área útil de 6m².

O preparo do solo foi realizado através de aração e gradagem niveladora convencional, seguida de sulcamento. A adubação de pré-plantio foi realizada manualmente, utilizando 70kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de semeadura, utilizando superfosfato simples, foi também aplicado na adubação de base com K₂O na dose de 48kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, (Resende et al., 2008), sendo metade no sulco de semeadura, e a outra metade no estádio V6.

Conforme análise do solo (Tabela 1) não foi necessário a calagem em virtude do pH encontrar dentro da faixa adequada para a cultura do milho, a máxima atividade microbiana no solo é ideal (6,0 a 6,5), sendo favorável para o desenvolvimento da bactéria *Azospirillum brasilense*.

Os tratos culturais, como o controle de plantas daninhas foram realizados através da aplicação de herbicida *Atrazina* (Atrazinax®), seguindo a dosagem recomendada. Foram também realizadas capinas quando necessárias. Não houve necessidade de controle de doenças e pragas. A irrigação foi realizada, periodicamente utilizando aspersores tipo canhão.

A colheita foi realizada quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica (R6). Foi colhido todas as espigas das duas fileiras da parcela experimental, as espigas foram trilhadas e os grãos acondicionados em saco de papel e identificados por genótipo, e pesadas em balança digital para obter a produtividade por hectare. Em seguida, procedeu com a moagem dos grãos, e retirada a amostras para a determinação do teor de óleo (%), de acordo com o método Soxhlet, segundo (IAL, 2008). O Rendimento de óleo foi obtido do resultado do produto entre teor de óleo e produtividade.

Os dados observados foram submetidos à análise de variância com uso do programa estatístico SISVAR 5.0 (Ferreira, 2011). As médias dos tratamentos foram comparadas por Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Para as doses de N, foram realizadas análises de regressão, com o uso de polinômios ortogonais, e uma vez estabelecida a relação funcional entre as doses e o genótipo foi determinada a equação de regressão e construção dos gráficos usando o software *Origin Pro 8.0* (Inserir o fabricante), a significância dos coeficientes angulares das equações foi determinada pelo teste “t” de Student, a 5% de probabilidade.

Com o intuito de obter um erro experimental de maior precisão, o grau de liberdade da interação quadrupla (épocas x genótipos x processos de inoculação x adubação) foram adicionados ao erro experimental. Com esta adição, os valores calculados das fontes de variação resultaram em valores de F maiores, aumentando a probabilidade de detectar diferenças significativas (Gomes, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 é apresentada o resumo da análise de variância para rendimento de óleo (kg ha⁻¹), foi verificado o, efeito significativo para todos os fatores, com exceção de Blocos/Épocas, e Genótipos/Processos de Inoculação com *Azospirillum* (C/A) e sem *Azospirillum* (S/A). A significância das interações triplas indica que os efeitos dos fatores isolados não explicam toda a variação encontrada, sendo assim realizados os desdobramentos.

Tabela 2. Análise de variância conjunta para rendimento de óleo (kg ha^{-1}) em três genótipos de milho, com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*, em diferentes doses de Nitrogênio e épocas de semeadura, em Palmas- TO, na entressafra 2015.

Table 2. Combined variance analysis for oil yield (kg ha^{-1}) in three corn genotypes, with and without inoculation of *Azospirillum brasilense*, at different Nitrogen doses and sowing times, in Palmas-TO, off-season 2015.

FV	GL	QM
ÉPOCAS	1	9599.24*
GENÓTIPOS	2	58639.65*
PROCESSOS INOCULAÇÃO (C/A e S/A)	1	21820.72*
NITROGÊNIO	4	35955.23*
BLOCOS /ÉPOCA	4	1059.24 ^{ns}
ÉPOCAS x GENOTIPOS	2	35115.32*
ÉPOCAS x C/A e S/A	1	182652.75*
ÉPOCAS x NITROGÊNIO	4	6175.20*
GENÓTIPOS x C/A e S/A	2	3407.71 ^{ns}
GENÓTIPOS x NITROGÊNIO	8	13678.02*
C/A e S/A x NITROGÊNIO	4	10331.80*
EPOCAS x GENÓTIPOS x C/A e S/A	2	11605.13*
EPOCAS x C/A e S/A x NITROGÊNIO	4	10101.80*
EPOCAS x GENÓTIPOS X NITROGÊNIO	8	17884.87*
GENÓTIPOS x C/A e S/A x NITROGÊNIO	8	5654.91*
Erro		128
CV (%)		15.7
Média Geral		248.080

ns: não significativo; * significativo pelo teste F a 5%.

ns: not significant ; * significant by F test at 5%

O estudo comparativo entre as médias dos processos (C/A e S/A), para cada genótipo em cada época, revelou que na primeira época de semeadura (10/07), os genótipos Al Band, e AG-1051 apresentaram maior rendimento de óleo (338kg ha^{-1} e 225kg ha^{-1} , respectivamente) sem a presença do *Azospirillum* (S/A), enquanto o rendimento da variedade Orion foi similar em ambos os processos. Já na segunda época (01/08), todos os genótipos foram superiores para o rendimento de óleo em C/A (Tabela 3).

Por outro lado, a comparação entre as épocas de semeadura, para cada genótipo e processo de inoculação, revelou um maior rendimento de óleo para os genótipos na primeira época sem a bactéria (S/A) e na segunda época com a bactéria (C/A).

Tabela 3. Médias do rendimento de óleo (kg ha^{-1}) em duas épocas de semeadura, em três genótipos de milho, em processos com e sem inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasilense* em Palmas – TO, entressafra 2015.

Table 3. Average oil yield (kg ha^{-1}) at two sowing times, in three corn genotypes, in processes with and without inoculation of the seeds with the bacterium *Azospirillum brasilense* in Palmas - TO, off-season 2015.

Genótipos	Época 1 (10/07)		Época 2 (01/08)	
	C/A	S/A	C/A	S/A
Orion	263aA1	265aB1	256aB1	179bA2
Al. Band.	265bA2	338aA1	321aA1	206bA2
AG-1051	175bB2	225aC1	275aB1	209aA2

Médias dos processos C/A e S/A dentro da mesma época e do mesmo genótipo, seguido pelo mesmo **Número**, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico; Médias das épocas de semeaduras (1ª e 2ª) dentro do mesmo processo e mesmo genótipo, seguido pelo mesma letra **Minúscula**, na linha pertencem ao mesmo grupo; Médias dos genótipos dentro de cada processo e na mesma época de semeadura, seguido pelo mesma letra **Maiúscula**, na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico; utilizou-se 5% de significância pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Averages of the C/A and S/A processes within the same time and of the same genotype, followed by the same **Number**, in the line belong to the same statistical group; Mean of sowing times (1st and 2nd) within the same process and even genotype, followed by the same **lowercase letter**, in the row belong to the same group; Averages of the genotypes within each process and at the same sowing time, followed by the same **capital letter**, in the column belong to the same statistical group; 5% significance was used by the Scott-Knott test at 5% probability.

A ausência de resposta dos genótipos à inoculação da bactéria na primeira época ocorreu, provavelmente, em função de temperaturas mais altas neste período (Figura 1), que pode ter resultado em uma diminuição da atividade da bactéria na planta. Segundo Romero-Perdomo et al. (2015), trabalhando com avaliação da temperatura e pH na atividade do *Azospirillum brasilense* na Colômbia, se verificou a faixa de temperatura de 22 a 30°C, como a ideal para a bactéria.

O genótipo Al Band, independente dos processos e das épocas, apresentou um maior rendimento de óleo. Por outro lado, na segunda época, não houve diferença entre os genótipos sem a bactéria.

O estudo comparativo entre os genótipos, dentro de cada época e doses de nitrogênio, apresentado na tabela 4, revelou que o Al Band., foi superior em todas as doses de N, e em ambas as épocas de semeadura, com exceção da dose de 100kg ha⁻¹, na primeira época e da dose 50kg ha⁻¹, na segunda época. Por outro lado, o híbrido AG-1051 apresentou, de modo geral, o pior desempenho dentre os genótipos em todas as doses e nas duas épocas.

O estudo comparativo das doses de N, para cada um dos genótipos e em cada uma das épocas, foi realizado pelo teste de média para Orion e AG-1051, na segunda época, e para Al Band, na primeira e segunda épocas, uma vez que não houve relação funcional entre as doses de N e os genótipos.

Os genótipos Orion e AG-1051 não apresentaram incrementos significativos no rendimento de óleo em doses superiores a 50kg ha⁻¹. Para Franco et al. (2011) a resposta da planta ao N é bem complexa, ou seja, controlada por vários genes/alelos que se expressam de forma diferentes nos órgãos vegetativos e reprodutivos.

Tabela 4. Médias do rendimento de óleo (kg ha^{-1}) em duas épocas de semeadura, sob cinco níveis de adubação nitrogenada, em três genótipos de milho em Palmas – TO, entressafra 2015.

Table 4. Average oil yield (kg ha^{-1}) at two sowing times, under five levels of nitrogen fertilization, in three corn genotypes in Palmas - TO, off-season 2015.

Nitrogênio Kg ha^{-1}	Época 1 (10/07)			Época 2 (01/08)		
	Orion	Al. Band.	AG-1051	Orion	Al. Band.	AG-1051
0	203aD1	213aC1	127bD2	177aB1	219aB1	223aB1
50	228aD2	374aA1	225bB2	210aA2	223bB2	309aA1
100	340aA1	232bC2	296aA1	226bA2	287aB1	220bB2
150	293aB2	360aA1	180bC3	242bA1	272bA1	277aA1
200	258aC2	326aB1	172aC3	234aA2	312aA1	175aC3

Médias dos genótipos dentro da mesma época e da mesma dose de Nitrogênio, seguido pelo mesmo **Número** na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico; Médias das épocas de semeaduras (1^a e 2^a) para o do mesmo genótipo e mesma dose de N, seguido pelo mesma letra **Minúscula** na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico; Médias das doses para cada genótipo e mesma época de semeadura, seguido pelo mesma letra **Maiúscula** na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico; utilizou-se 5% de significância pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

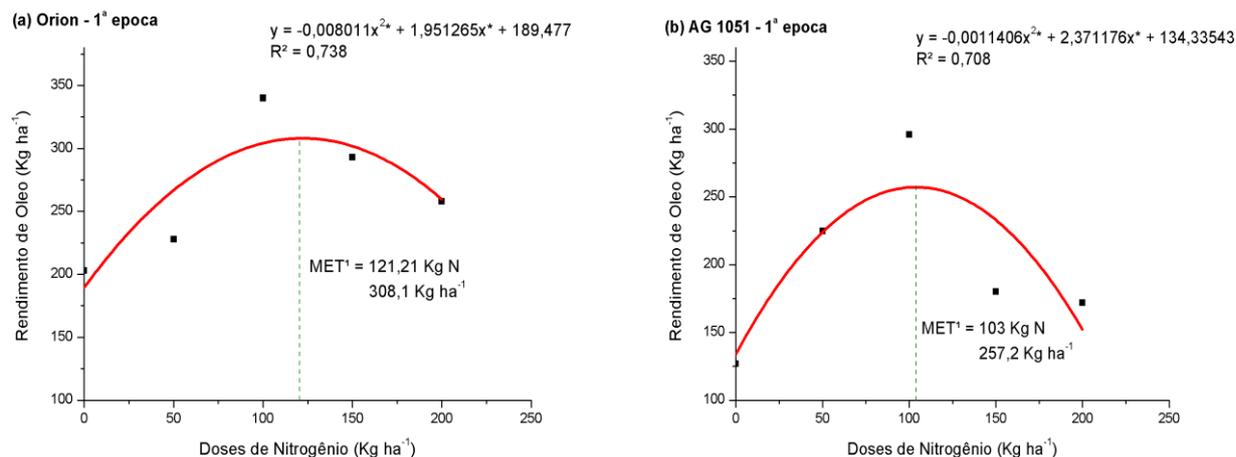
*Averages of the genotypes within the same time and of the same dose of Nitrogen, followed by the same **Number** in the line belong to the same statistical group; Sowing times (1st and 2nd) for the same genotype and same dose of N, followed by the same **lowercase letter** in the row belong to the same statistical group; Dosage means for each genotype and the same sowing season, followed by the same **capital letter** in the column belong to the same statistical group; 5% significance was used by the Scott-Knott test at 5% probability.*

A regressão polinomial dos genótipos Orion e AG-1051 na primeira época em função das doses de N, apresentou um modelo quadrático de resposta, conforme a Figura 4. Orion (Figura 4a) e o AG-1051 (Figura 4b) apresentaram aumento no rendimento de óleo até alcançarem a máxima eficiência técnica (MET) de 308kg ha^{-1} e 257kg ha^{-1} que correspondeu as doses de N que foram, respectivamente, 121kg ha^{-1} e 103kg ha^{-1} . A partir da dose que resultou na MET de cada genótipo, houve uma redução percentual de rendimento de óleo nos grãos.

Para esta dose que resultou na MET de cada genótipo, pode ter ocorrido uma redução no rendimento de óleo (%), provavelmente, em função do efeito antagônico do N na absorção de outros elementos, principalmente o potássio, prejudicando o desenvolvimento das plantas (Carnicelli et al., 2000).

Segundo Lima e Pelúzio (2015), em trabalho realizado com a cultura da soja, em condições de baixa latitude em Palmas-TO, foi observado o efeito de doses de potássio sobre o rendimento de óleo, confirmando a essencialidade do K na síntese e transporte de óleo para os grãos.

Na Tabela 5, o estudo comparativo das médias do rendimento de óleo entre os processos (C/A e S/A), para cada genótipo e em cada dose de N, mostrou para os genótipos Orion e Al Band., para a grande maioria das doses de N, uma resposta no incremento no rendimento de óleo quando as sementes foram inoculadas com *Azospirillum*. Por outro lado, o híbrido AG-1051 não apresentou diferença significativa entre os processos para todas as doses.



**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, ¹Máxima Eficiência Técnica.

** significant at 5% probability by t test, ¹ Maximum Technical Efficiency

Figura 04. Média do rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de genótipos de milho, sob cinco níveis de adubação nitrogenada em duas épocas de semeadura, em Palmas – TO, entressafra 2015.

Figure 4. Average yield of maize genotypes (kg ha⁻¹) under five levels of nitrogen fertilization in two sowing seasons, in Palmas - TO, off-season 2015.

Tabela 5. Médias do rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de três genótipos de milho, sob cinco níveis de adubação nitrogenada e processos com e sem inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasilense* em Palmas-TO, entressafra 2015.

Table 5. Means of the yield (kg ha⁻¹) of three maize genotypes under five levels of nitrogen fertilization and processes with and without inoculation of the seeds with the bacterium *Azospirillum brasilense* in Palmas, TO, off-season 2015.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Orion		Al. Band.		AG-1051	
	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A
0	196bC1	183aC1	250aB1	183aB2	157bC1	194aC1
50	263aB1	175bC2	314aA1	283aA1	288aA1	246aA1
100	288aA1	277aA1	213bB2	305aA1	249bB1	268aA1
150	305aA1	229bB2	326aA1	306aA1	239bB1	219bB1
200	247bB1	244aB1	356aA1	282aA2	190cC1	158bC1

Médias dos processos C/A e S/A dentro do mesmo genótipo e mesma dose de Nitrogênio, seguido pelo mesmo **Número** na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico; Médias dos genótipos dentro do mesmo processo e mesma dose de N, seguido da mesma letra **Minúscula** na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico; Médias das doses de N, em cada processo e no mesmo genótipo, seguido pelo mesma letra **Maiúscula** na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico; utilizou-se 5% de significância pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Averages of the C/A and S A processes within the same genotype and the same Nitrogen dose, followed by the same **Number** in the line belong to the same statistical group; Averages of the genotypes within the same process and the same dose of N, followed by the same **lowercase letter** in the row belong to the same statistical group; The mean doses of N, in each process and in the same genotype, followed by the same **capital letter** in the column belong to the same statistical group; 5% significance was used by the Scott-Knott test at 5% probability.

Provavelmente, para Orion e Al Band., o aumento no rendimento de óleo pode estar associado ao aumento na produtividade de grãos, pois, segundo Lopes et al. (2014) e Barbosa et al. (2011), os valores de rendimento de óleo devem refletir os valores de produtividade de grãos, já que foram obtidos a partir do produto entre teor de óleo e produtividade de grãos.

Segundo Vasconcelos (2016), estudando o efeito do N e do *Azospirillum* na cultura do milho, foi observado para a massa de mil grãos que o nitrogênio quando associado ao uso da bactéria, dobrou o incremento nos grãos. Por outro lado, Repke et al. (2013), estudando o *Azospirillum* na cultura do milho, não encontraram resposta da cultura à inoculação.

Quaggio et al. (2013), analisando as características de peso de dez espigas de milho, produção de grãos e sacas por hectare verificaram que o uso do *Azospirillum brasilense*, aplicado via foliar ou nas sementes, propiciou um maior incremento para essas características.

Corroborando com os resultados encontrados por Novakowski et al. (2011) que independente dos níveis de N utilizados obtiveram superioridade na produtividade de grãos de milho ao inocularem a cultura com o *Azospirillum brasilense*.

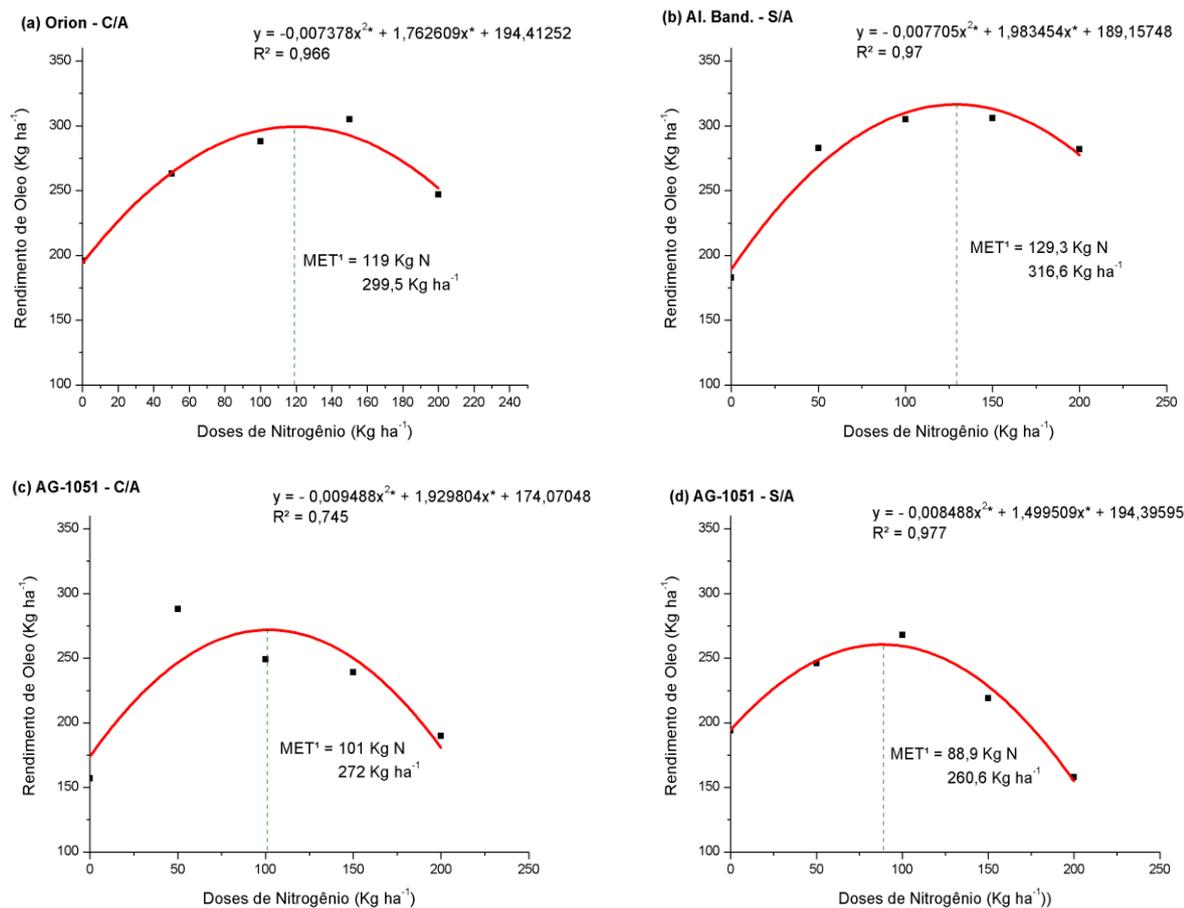
A comparação das médias dos genótipos em cada processo e em cada dose de N (Tabela 5.), revelou a superioridade do Al Band, em quase todas as doses, com ou sem a inoculação das sementes, com exceção da dose de 100kg ha^{-1} , que o Orion (C/A) foi melhor. Por sua vez, o híbrido AG-1051, foi inferior em praticamente todas as doses com a bactéria e apresentou um bom rendimento de óleo apenas nas doses abaixo de 150kg ha^{-1} .

Lemos et al. (2013) avaliando a resposta de cinco cultivares de trigo à inoculação com *Azospirillum brasilense* e aplicação de N em cobertura verificou maiores incrementos nos grãos, contudo, o mesmo resultado não ocorreu com N e com a bactéria, ambos isoladamente. Este dado reforça a hipótese de que existe especificidade entre as estirpes de *Azospirillum* com outras espécies, ou a interação da bactéria com os cultivares de plantas (Penot et al., 2012).

O Orion C/A, (Figura 5a) apresentaram aumento no rendimento de óleo até alcançarem a máxima eficiência técnica (MET) de $299,5\text{kg ha}^{-1}$ e 119kg ha^{-1} de N. Enquanto o Al Band., (S/A), (Figura 5b) apresentou seu melhor rendimento de óleo até alcançar a MET de $316,6\text{kg ha}^{-1}$ na dose $129,3\text{kg ha}^{-1}$ de N. Enquanto que o híbrido AG-1051 (C/A e S/A), (Figura 5c e 5d), apresentou suas MET com rendimentos de óleo (272 e $260,6\text{kg ha}^{-1}$) nas doses 101 e $88,9\text{kg ha}^{-1}$ de N, respectivamente. Onde no híbrido com a bactéria foi observado um melhor resultado de óleo com uma diferença ($11,40\text{kg ha}^{-1}$). A partir da dose que resultou a MET de cada genótipo, houve uma redução percentual de rendimento de óleo nos grãos.

Segundo Vasconcelos (2016), avaliando vários genótipos de milho observou que adição de 50kg ha^{-1} de N, promoveu significativamente incrementos nos grãos com a adição de 130kg ha^{-1} , evidenciando que o *Azospirillum*, pode suprir parte do nitrogênio nas plantas de milho.

Na regressão polinomial do rendimento de óleo (kg ha^{-1}) dos genótipos Orion C/A, Al Band. S/A, e AG-1051, (C/A e S/A) em função das doses de N, apresentou um modelo quadrático de resposta, como mostra a Figura 5.



**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, ¹Máxima Eficiência Técnica.

** significant at 5% probability by t test, ¹ Maximum Technical Efficiency

Figura 5. Média do rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de genótipos de milho, sob cinco níveis de adubação nitrogenada e processos com e sem inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasilense* em Palmas - TO, entressafra 2015.

Figure 5. Average oil yield (kg ha⁻¹) of maize genotypes under five levels of nitrogen fertilization and processes with and without inoculation of the seeds with the bacterium *Azospirillum brasilense* in Palmas - TO, off-season 2015.

CONCLUSÃO

A inoculação da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, independente das doses de nitrogênio, promove incremento no teor de óleo nos grãos de milho.

O efeito benéfico de *Azospirillum brasilense*, no rendimento óleo ocorre com a dependência da época de plantio e do genótipo.

A variedade Orion apresenta maior potencial para rendimento óleo, com o uso da bactéria *Azospirillum brasilense* a níveis mais baixos de nitrogênio.

A adoção desta prática não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados, mas o nitrogênio fornecido pela associação com a bactéria poderá ser uma alternativa para reduzir os custos ao produtor.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* pode ser utilizada em plantio sob baixa latitude, contudo, novos estudos se fazem necessários.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Elaboração do manuscrito, revisão de literatura, condução do experimento: Autor VCD; Orientação e análises estatísticas: JMP; Elaboração do manuscrito, revisão de literatura, elaboração de gráficos: Autor MDL; Condução do experimento: ER.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declararam que não há conflito de interesse.

FINANCIAMENTO

Os autores declararam que não houve financiamento para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, V. S., Peluzio, J. M., Afférri, F.S. & Siqueira, G.B. (2011). Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando à produção de biocombustível. *Revista Ciência Agronômica*, 42(3), 742-749. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300021>
- Carnicelli, J. H., Pereira, P. R. G., Fontes, P. C. R. & Camargo, M. I. Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. *Horticultura Brasileira*, 21(1), 77-80.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2018). Levantamento de Safra. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Safra 2018/2019 - Primeiro levantamento, outubro 2018. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2015). Capacitação em Recuperação de Pastagens Degradadas. Campo Grande, Embrapa Gado de Corte e Seprotur, 87p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: Programa Estatístico (2011). Versão 5.0, Lavras: UFLA.
- Franco, H. C. J., Otto, R., Faroni, C. E., Vitti, A. C., Almeida de Oliveira, E. C. & Trivelin, P. C. O. (2011). Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian field conditions. *Field Crops Research*, 121(1), 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.11.011>
- Galvão, J. C. C., Miranda, G. V., Trogello, E. & Fritsche-Neto, R. (2015). Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. *Ceres*, 61(7), 819-828.
- Gomes, R. F., Silva, A. G., Assis, R. L. & Pires, F. R. (2009). Efeitos de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(5), 931-938. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500010>
- Hungria, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo (2011). Londrina, Embrapa Soja, 36p. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879471/inoculacao-com-azospirillum-brasilense-inovacao-em-rendimento-a-baixo-custo>

- Instituto Adolfo Lutz (2008). Métodos químicos e físicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo, 1020p. <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>
- Lemos, J. M., Guimarães, V. F., Vendruscolo, E. C. G., Santos, M. F. dos & Offemann, L. C. (2013). Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, 41(2), 189-198.
- Lima, M. D. de & Peluzio, J. M. (2015). Dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de ácidos graxos visando produzir bicombustível. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 10(2). <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a5333>
- Lopes, L. A., Peluzio, J. M., Afférri, F. S., Carvalho, E. V. & Lélis, M. M. (2014). Variabilidade genética entre cultivares de soja, quanto ao rendimento de óleo, no estado do Tocantins. *Comunicata Scientiae*, 5(3), 279-285.
- Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 638p.
- Novakowski, J. H., Sandini, I. E., Falbo, M. K., Moraes, A. de, Novakowski, J. H. & Cheng, N. C. (2011). Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1), 1687-1698.
- Penot, I., Berges, N., Guiguene, C. & Fages, J. (2012). Characterization of *Azospirillum* associated with maize (*Zea mays* L.) in France using biochemical tests and plasmid profiles. *Canadian Journal of Microbiology*, 38(8), 798-803. <https://doi.org/10.1139/m92-130>
- Quaggio, J. A., Souza, T. R., Zambrosi, F. C. B., Boaretto, R. M. & Mattos Jr, D. (2014). Nitrogen fertilizer forms affect the nitrogen use efficiency in fertigated citrus groves. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(3), 404-411. <https://doi.org/10.1002/jpln.201300315>
- Rambo, L., Silva, P. R. F. da, Strieder, M, L., Sangoi, L., Bayer, C. & Argenta, Gilber. (2007). Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(3), 407-417.
- Repke, R. A., Cruz, S. J. S., Silva, C. J., Figueiredo, G. P. & Bicudo, S. J. (2013). Avaliação da Eficiência da *Azospirillum brasilense* Combinada com doses de Nitrogênio no Desenvolvimento da Cultura do Milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3), 214-226. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226>
- Resende, A. V. de, Neto, A. E. F. & Alves, V. M. V. (2008). Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(3), 453-466. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000300007>
- Romero-Perdomo, F., Camelo-Rusinque M., Criollo-Campos, P. & Bonilla-Buitrago R. (2015). Effect of temperature and pH on the biomass production of *Azospirillum brasilense* C16 isolated from Guinea grass. *Pastures and Forages*, 8(3), 231-233.
- Santos, W. F. dos, Afférri, F. S. & Peluzio, J. M. (2015). Eficiência ao uso do nitrogênio e biodiversidade em genótipos de milho para teor de óleo. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 2916-2925.

USDA, 2016. Oilseeds: World Marktes and Trade. United States Department of Agriculture. <https://www.fas.usda.gov/commodities/oilseeds>.

Vasconcelos, A. C. P. (2016). Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada de milho no bioma Cerrado. *Revista Ceres*, 63(5), 732-740.

