

PROFUNDIDADE DE SEMEADURA NA EMERGÊNCIA DA SOJA COINOCULADA COM *Azospirillum brasilense* E *Bradyrhizobium japonicum*



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

*Sowing depth in the emergence of soybean co-inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium japonicum**

*Profundidad de semilla en la emergencia de soja coinoculada con *Azospirillum brasilense* y *Bradyrhizobium japonicum**

Miéle Bau Cortelini¹, Joenes Mucci Pelúzio*², Flávio Sérgio Afféri³, Clovis Maurilio De Souza²

¹. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

². Universidade Federal do Tocantins, TO, Brasil.

³. Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil.

*Correspondência: Universidade Federal Do Tocantins, Campus Universitário de Palmas, Av. NS 15, 109 Norte, Palmas, Tocantins, Brasil. CEP: 77001090. e-mail: joenesp@mail.uft.edu.br

Artigo recebido em 09/08/2021 aprovado em 16/02/2022 publicado em 02/05/2022.

RESUMO

O uso de rizobactérias poderá auxiliar na mitigação dos estresses causados pela profundidade de semeadura da soja. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da coinoculação, associação entre as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, na emergência de cultivares de soja, semeadas em diferentes profundidades. Para isso, foram montados dois experimentos em épocas distintas (13/12/2019 e 13/01/2020) em delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 2 x 2 x 5 sendo, duas cultivares (Bônus Ipro e NS 8383 RR), dois manejos de inoculação na semente (presença e ausência de *Azospirillum brasilense*) e cinco profundidades de semeadura (2, 4, 6, 8 e 10 cm), com 4 repetições. Avaliou-se a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência. As médias das épocas, cultivares e manejos de inoculação foram submetidas ao teste F e quando significativas foram comparadas pelo teste Tukey, e análise de regressão para as profundidades. A coinoculação não se mostrou eficiente frente à inoculação isolada com *B. japonicum*, em melhorar a germinação das cultivares, independente das profundidades de semeadura. O aumento na profundidade influenciou negativamente os caracteres de emergência, independentemente do manejo de inoculação e época de semeadura.

Palavras-chave: *Glycine max*. Inoculação. Rizobactérias. Estresse.

ABSTRACT

The use of rhizobacteria can help to mitigate the stresses caused by soybean sowing depth. Thus, the aim of the study was to evaluate the effect of coinoculation, an association between the bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*, on the emergence of soybean cultivars sown at different depths. For this, two experiments were set up at different times (13/12/2019 and 13/01/2020), in a completely randomized experimental design, factorial scheme 2 x 2 x 5, with two cultivars ("Bônus Ipro" and "NS 8383 RR"), two inoculation managements in seed (presence and absence of *Azospirillum brasilense*) and five sowing depths (2, 4, 6, 8 and 10 cm), with four repetitions. Emergence results and emergency speed index were evaluated. The means of the times, cultivars and inoculation managements were submitted to the F test and, when relevant, were compared by the Tukey test, being carried out regression analysis for the depth data. A co-inoculation was not efficient compared to inoculation only with *B. japonicum*, in improving the germination of cultivars, regardless of sowing depths. The increase in depth negatively influenced the emergence characters, regardless of the inoculation management and sowing date.

Keywords: *Glycine max*. Inoculation. Rhizobacteria. Stress.

RESUMEN

El uso de rizobacterias puede ayudar a mitigar las tensiones causadas por la profundidad de siembra de la soja. Así, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la coinoculación, asociación entre las bacterias *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*, sobre la emergencia de cultivares de soja sembrados a diferentes profundidades. Para ello, se montaron dos experimentos en diferentes momentos (13/12/2019 y 13/01/2020) en un diseño experimental completamente al azar, esquema factorial 2 x 2 x 5, dos cultivares (*Bônus Ipro* y *NS 8383 RR*), dos manejos de inoculación de semillas (presencia y ausencia de *Azospirillum brasilense*) y cinco profundidades de siembra (2, 4, 6, 8 y 10 cm), con 4 repeticiones. Se evaluó el porcentaje de emergencia y el índice de velocidad de emergencia. Las medias de los tiempos, cultivares y manejo de inoculación se sometieron a la prueba F y cuando fueron significativas se compararon mediante la prueba de Tukey y análisis de regresión para profundidades. La coinoculación no resultó eficaz frente a la inoculación aislada con *B. japonicum*, en mejorar la germinación de los cultivares, independientemente de las profundidades de siembra. El aumento de profundidad influyó negativamente en los caracteres de emergencia, independientemente del manejo de inoculación y fecha de siembra.

Descriptor: *Glycine max*. Inoculación. Rizobacterias. Estrés.

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merr.), está entre as atividades agrícolas com maior impacto no agronegócio mundial. No Brasil, está presente na maioria das áreas destinadas a produção de grãos e tem sido a principal responsável pela grande expansão da atividade pelo país, mais precisamente em regiões que abrangem o bioma Cerrado.

Dentre essas regiões, destaca-se o Matopiba onde está inserido o Tocantins, estado em plena expansão agrícola que vem batendo recordes de produção de grãos ano após ano, sendo o maior produtor da *commodity* da região norte do país e tem se tornado uma das maiores frentes de expansão da agricultura brasileira (LOBÃO e STADUTO, 2020; CONAB, 2020).

As atividades agrícolas, de forma geral, estão fortemente sujeitas aos efeitos do tempo e das condições climáticas (FIORIN e ROSS, 2015). Os fatores e elementos climáticos interferem diretamente na tomada de decisão por parte dos agricultores, influenciando na escolha, por exemplo, da profundidade ideal de semeadura e de cultivares mais ambientadas as condições climáticas das novas regiões de cultivo.

Assim, há uma necessidade por pesquisas que visem maximizar o uso dos recursos naturais e

tecnológicos e ao mesmo tempo minimizar os efeitos negativos do clima, trazendo desenvolvimento para as novas áreas de produção. Uma alternativa é o uso de microbiológicos em conjunto com materiais mais responsivos como mitigadores de estresses.

A utilização da profundidade de semeadura em conjunto com sementes inoculadas com rizobactérias já tem proporcionado benefícios para a família *Poaceae*, em espécies como trigo, (ZOZ et al., 2019), arroz (OLIVEIRA et al., 2020) e forrageiras, sobretudo em condições de estresse biótico (LOREDO-OSTI et al., 2004).

Na cultura da soja, estudos têm demonstrado efeitos positivos da coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em relação a emergência e desenvolvimento inicial (BOSCHETTI e SIMONETTI, 2018), além de aumentos na produtividade, teor de proteína dos grãos, qualidade fisiológica das sementes, nodulação, tolerância às condições adversas, entre outros (SOUZA et al., 2020; ZEFFA et al., 2020).

Embora as pesquisas envolvendo a coinoculação sejam amplas, faz-se necessário investigar o uso desta associação de microrganismos relacionados a outros aspectos, principalmente, em situações onde há a necessidade de aumentar a

profundidade de semeadura em busca de umidade ideal para germinação e emergência uniforme.

Assim, o uso de RPCPs na semeadura da soja pode auxiliar na germinação e emergência da oleaginosa semeada em maiores profundidades, favorecendo o estabelecimento da cultura em condições de pouca umidade nas camadas superficiais. Nesse caso, o produtor ajustaria seu implemento para semeadura mais profunda no solo, onde há umidade suficiente.

Nesse sentido, o objetivo no presente estudo foi avaliar o efeito da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* aplicado de forma isolada e em conjunto com *Azospirillum brasilense*, na emergência de dois cultivares de soja, semeadas em diferentes profundidades de semeadura.

MATERIAIS E MÉTODOS

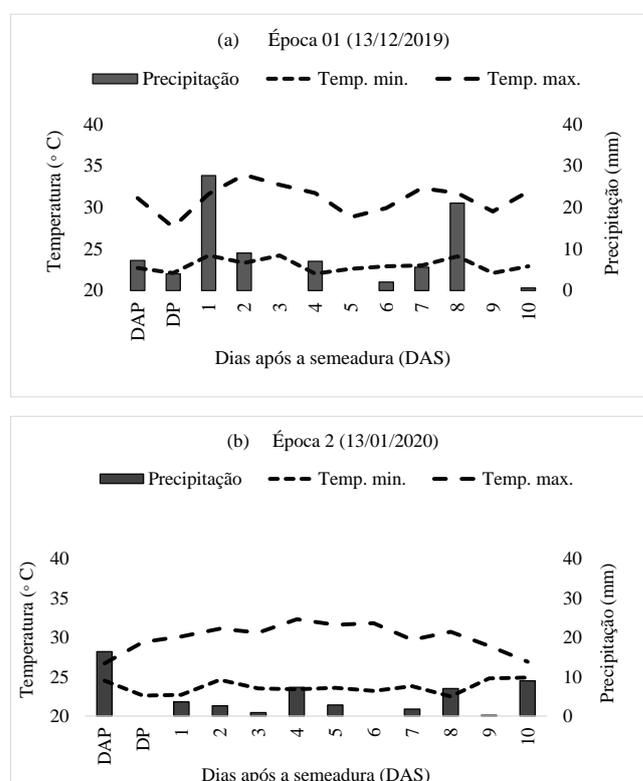
Dois experimentos foram desenvolvidos em uma propriedade rural localizada no município de Couto Magalhães no estado do Tocantins (coordenadas 8°20' S e 49°11' W, e altitude média de 195m), no ano agrícola 2019/2020. As semeaduras foram realizadas, respectivamente em 13 de dezembro de 2019 e 13 janeiro de 2020, em vasos de polietileno sob condições de campo.

Os dados de temperatura mínima, máxima e precipitação total durante a execução do trabalho foram coletados no próprio local experimental com auxílio de um termômetro e um pluviômetro INCOTERM, e estão apresentados na Figura 1.

O solo utilizado nos experimentos pertence à classe dos Plintossolo, coletado em área agrícola com histórico de cultivo com soja há pelo menos 10 anos consecutivos, cuja caracterização físico-química foi de 16; 20,66; 63,34 % de argila, silte e areia, respectivamente; pH em CaCl₂: 6,22; Ca: 3,05 cmolc

dm⁻³; Mg: 1,19 cmolc dm⁻³; Al: 0,0 cmolc dm⁻³; Al + H: 1,90 cmolc dm⁻³; K: 0,42 cmolc dm⁻³; CTC: 6,56 cmolc dm⁻³; P-mel: 42,94 mg dm⁻³; S: 3,23 mg dm⁻³; Cu: 0,20 mg dm⁻³; Zn: 1,65 mg dm⁻³; Fe: 80,25 mg dm⁻³; Co: 0,06 mg dm⁻³; B: 0,25 mg dm⁻³; Mo: 0,11 mg dm⁻³; Mn: 7,59 mg dm⁻³; M.O.: 1,48%, V%: 71,04.

Figura 1. Valores médios de temperatura mínima e máxima (°C) e total acumulado de precipitação registrados no período do experimento para as épocas 1 (a) e 2 (b), em Couto Magalhães - TO, safra 2019/2020.



* DAP: dias antes do plantio. DP: dia do plantio.

O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi o inteiramente casualizado com 20 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 5 x 2, representados por duas cultivares (Bônus 8579 IPRO e NS 8383 RR), cinco profundidades de semeadura (2, 4, 6, 8 e 10 cm) e dois manejos de inoculação na semente (presença e ausência de *Azospirillum brasilense*).

A parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno com 23 cm de diâmetro e capacidade volumétrica de 8 litros. Cada um dos vasos recebeu 8 kg de solo, previamente peneirados e homogeneizados.

Os métodos de inoculação foram: a) inoculação com 600 mL 50 kg⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum* (linhagens Semia 5079 e Semia 5080 - 5,0 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹); b) coinoculação 600 mL 50 kg⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum* + 400 mL 50 kg⁻¹ de *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 - 2,0 x 10⁸ de células viáveis mL⁻¹). Ambas as estirpes foram obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA).

Para calibração das profundidades de semeadura foram pesados 8 kg de solo e acondicionados em cada vaso. Em seguida, retirou-se todo o volume de solo acima da profundidade de semeadura requerida para cada tratamento, determinada com o auxílio de uma régua graduada. As sementes de soja foram então uniformemente distribuídas e, em seguida, o solo retirado foi devolvido ao vaso, cobrindo as sementes. Cada vaso recebeu 5 sementes.

No dia da semeadura, as sementes foram inoculadas com *B. japonicum* e/ou coinoculadas com *B. japonicum* + *A. brasilense*. A coinoculação foi obtida através da associação das duas bactérias aplicando-se homogeneamente às sementes, primeiramente o *B. japonicum*, e após o *A. brasilense*, nas dosagens descritas acima. As sementes utilizadas nos ensaios foram adquiridas com tratamento de semente realizado pelas próprias empresas.

O solo foi corrigido de forma que os nutrientes não fossem um fator limitante no solo, utilizando para isso a dosagem para obter a máxima produtividade.

Para o nutriente fósforo cada vaso recebeu adubação total de 2,22g de superfosfato simples (555,56 Kg.ha⁻¹), aplicado na semeadura e para o potássio a dose de 0,66g de cloreto de potássio (166,67 Kg.ha⁻¹), em duas doses, a primeira na operação da semeadura e a segunda em cobertura aos 30 dias após a semeadura.

O controle de plantas indesejáveis foi realizado com arranquios manuais, e as pragas e doenças quando necessário foram controladas como o uso de produtos registrados no MAPA para a cultura. Em ambos os ensaios não houve necessidade de regas manuais, a pluviosidade se fez suficiente.

Após a semeadura, foi realizada diariamente a contagem do número de plântulas emergidas até que se apresentasse constante. As plântulas foram consideradas emergidas a partir do momento em que romperam o solo e puderam ser vistas a olho nu de um ângulo qualquer. A partir do número de plântulas emergidas determinou-se à porcentagem de emergência (LABOURIAU e VALADARES, 1976) e índice de velocidade de emergência (MAGUIRE, 1962).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) individual e, em seguida, análise conjunta. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo, procedeu-se análise de regressão polinomial para os fatores quantitativos e para os fatores qualitativos comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com o auxílio do software estatístico SISVAR 5.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de emergência de plântulas (EM) e índice de velocidade de emergência (IVE) apresentaram distribuição normal ($p > 05$), segundo o teste de Shapiro-Wilk, dispensando a transformação dos dados para realização da ANOVA.

A análise de variância conjunta (Tabela 1), revelou efeito significativo para a interação tripla Época x Cultivar x Manejo de Inoculação (E x C x MI), para ambas as características estudadas.

A interação, indica que os cultivares apresentam comportamento diferencial em função dos fatores ambientais oriundos das épocas e dos manejos de inoculação, sendo realizados os desdobramentos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, para as variáveis EM e IVE, das cultivares de soja Bônus 8579 IPRO e NS 8383 RR, produzidas em duas épocas de semeadura, dois métodos de inoculação e cinco profundidades de semeadura em Couto Magalhães - TO, safra 2019/2020.

FV	GL	QM	
		EM (%)	IVE
R(E)	6	143.95 ^{ns}	0.03 [*]
E	1	2480.62 ^{**}	1.24 ^{**}
C	1	1755.62 ^{**}	0.21 ^{**}
MI	1	950.62 ^{**}	0.00 ^{ns}
PF	4	25324.06 ^{**}	4.85 ^{**}
E x C	1	50.62 ^{ns}	0.00 ^{ns}
E x MI	1	30.62 ^{ns}	0.00 ^{ns}
E x PF	4	191.56 ^{ns}	0.09 ^{**}
C x MI	1	0.62 ^{ns}	0.00 ^{ns}
C x PF	4	135.31 ^{ns}	0.02 [*]
MI x PF	4	564.68 ^{**}	0.06 ^{**}
E x C x MI	1	1755,62 ^{**}	0.12 ^{**}
E x C x PF	4	155.31 ^{ns}	0.03 [*]
E x MI x PF	4	38.43 ^{ns}	0.01 ^{ns}
C x MI x PF	4	383.43 [*]	0.01 ^{ns}
E x C x MI x PF	4	157.18 ^{ns}	0.02 ^{ns}
RESÍDUO	114	121.58	0.01
CV%		17.11	16.15
Média Geral		64.43	0.63

** Significativo a 1% de significância, *Significativo a 5% de significância, pelo teste "F". Ns: não significativo. FV: fonte de variação. R: repetição. CV: coeficiente de variação. E: época. C: cultivar. MI: manejo de inoculação. PF: profundidade de semeadura.

Observou-se interação tripla Época x Cultivar x Profundidade de semeadura (E x C x PF) para a característica índice de velocidade de emergência (IVE), mostrando que os cultivares apresentaram comportamento distinto em função das condições ambientais oriundos das épocas e das profundidades de semeadura, sendo realizados os desdobramentos (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1, a interação Cultivar x Manejo de Inoculação x Profundidade (C x MI x PF) apresentou significância para a EM, apontando a importância na escolha de cultivares que respondem melhor ao uso de inoculantes biológicos, bem como a profundidade adequada da semente no solo para cada cultivar.

As médias obtidas para o parâmetro emergência das plântulas (EM) oriundas do desdobramento da interação tripla Época x

Cultivar x Manejo de Inoculação encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Médias dos cultivares nas duas épocas de semeadura (E1 e E2) em dois sistemas de inoculação (S/A e C/A), desdobramentos da interação época, cultivar e manejo de inoculação para a característica emergência de plântulas (EM), em Couto Magalhães - TO, na safra 2019/2020

Cultivar	EM (%)			
	E1 (13/12/2019)		E2 (13/01/2020)	
	S/A	C/A	S/A	C/A
Bônus Ipro	63,0 aA1	52,5 bB2	64,0 aB1	65,0 aA1
NS 8383 RR	62,0 bA1	64,5 aA1	78,5 aA1	66,0 aA2

1- Médias entre as épocas de semeaduras (E1 e E2) dentro do mesmo manejo de inoculação (S/A e C/A, sem e com *A. brasilense*, respectivamente) e mesmo cultivar, seguido pela mesma letra Minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 2- Médias entre as cultivares dentro de cada manejo e mesma época, seguida pela mesma letra Maiúscula, na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 3- Médias entre os manejos dentro da mesma época e do mesmo cultivar, seguido pelo mesmo Número, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey

Quando comparadas as épocas de semeadura, enquanto a cultivar Bônus Ipro apresentou maior emergência na segunda época de semeadura na presença de *Azospirillum* (C/A), a cultivar NS 8383 RR obteve, para a mesma época, maior emergência na ausência de *Azospirillum* (S/A).

Provavelmente, na primeira época, o maior volume de chuva (acima de 30 mm) no dia seguinte a semeadura (Figura 1), pode ter dificultado o processo de emergência das plântulas nesta época.

Além disso, as oscilações de temperatura máximas observadas na primeira época, além de afetar o processo germinativo das sementes das cultivares também pode ter afetado o processo de simbiose.

Segundo Garcia e Goulart (2015), o excesso de umidade e o encharcamento do solo prejudicam a germinação e a emergência uniforme das plântulas. Concordando com GRDC (2016), a emergência pode

ser prejudicada, especialmente se houver chuva pesada após a semeadura fazendo com que o solo forme crostas antes das mudas emergirem.

Também foi observado conforme mostra Figura 1, picos na temperatura na primeira época de semeadura com máxima atingindo 33,9°C. Temperaturas elevadas, segundo Reis Junior et al. (2008), podem afetar todos os estágios da simbiose, com ênfase na fase inicial da formação de nódulos, também pode limitar o crescimento e a sobrevivência dos rizóbios no solo.

Além de ser uma das principais causas da falha da nodulação, as altas temperaturas, podem ainda contribuir para mudanças indesejáveis em rizóbios, incluindo deleções de plasmídeo, rearranjos genômicos e diversidade reduzida (HUNGRIA e VARGAS, 2000). Nestas condições ocorreria a

redução das bactérias no solo, como as do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

Os resultados observados estão de acordo com Rahman e Hossain (2013), que afirmam que os caracteres de germinação de sementes de soja são influenciados pela cultivar e época de semeadura.

O estudo comparativo entre as cultivares, dentro do mesmo manejo e mesma época, revelou que a cultivar NS 8383 foi superior a Bônus Ipro na primeira época no manejo C/A e na segunda época no manejo S/A.

Essa diferença observada, possivelmente ocorreu em decorrência da interação planta-bactéria-ambiente, uma vez que a resposta da inoculação em condições de campo pode variar de acordo com os genótipos bacterianos e vegetais, a quantidade e qualidade das células utilizadas como inoculante e suas interações com o ambiente (MATSUMURA et al., 2015).

Além disso, há evidências de que os microrganismos possam selecionar vias metabólicas diferenciadas, dependendo das condições ambientais (PATTEN e GLICK, 1996), o que poderia explicar os efeitos da coinoculação serem mais expressivos na primeira época na cultivar NS 8383 e não ter sido observado esses resultados na segunda época.

Com relação aos sistemas de manejo de inoculação, o sistema S/A resultou maior emergência para Bônus Ipro na época 1 e NS 8383 na época 2.

Há relatos na literatura indicando alguma afinidade do *Azospirillum* por determinadas espécies (PENOT et al., 1992), ou mesmo cultivares (WANI et al., 1985) de plantas, o que poderia justificar o fato das cultivares não responder à emergência, no manejo C/A, ou ainda demonstra maior afinidade dessas com a bactéria diazotrófica *Bradyrhizobium*, não necessitando de metabólitos produzidos pelo *Azospirillum*.

Resultados similares foram encontrados por Bulegon et al. (2014) que observaram menores médias na germinação quando utilizaram a coinoculação *A. brasilense* + *B. japonicum* nas cultivares Apollo e Turbo na primeira contagem, esse resultado, segundo os autores, pode estar relacionado ao processo de competição entre os microrganismos, que segundo Plazinsk e Rolfe (1985), pode causar supressão e/ou morte destas, resultando em menores números de unidades formadoras de colônias.

Mihășan e Ștefan (2008) ao avaliar a interação entre diferentes cepas de rizobactérias (isoladas de raízes *Glycine max* L.) com sementes de soja no processo de germinação in vitro, observaram que nessas condições as rizobactérias promoveram um atraso no metabolismo das proteínas resultando em um retardo de todo o processo de germinação, sugerindo que talvez seja mais aconselhável inocular as sementes com rizobactérias em um momento posterior, provavelmente depois do processo de germinação concluído e a plântula estiver totalmente funcional.

Por outro lado, Boschetti e Simonetti (2018), em condições de laboratório, concluíram que a coinoculação pode melhorar o desenvolvimento inicial da soja, sendo as doses de 50% e 100% da dose comercial as mais indicadas por proporcionarem um melhor desenvolvimento das plantas de soja no parâmetro germinação ao 5º dia.

Os efeitos da interação tripla cultivar x manejo de inoculação x profundidade de semeadura para a característica EM são apresentados na Tabela 3.

O estudo entre as cultivares, em cada método de inoculação e em cada profundidade de semeadura, revelou diferença significativa entre as cultivares apenas para as profundidades de 8 cm no manejo S/A, mostrando que a NS 8383 RR foi mais tolerante as condições estressantes provenientes desta profundidade de semeadura (Tabela 3).

No manejo C/A, houve diferença significativa entre as cultivares apenas na profundidade de 6 cm. Nessa profundidade o *Azospirillum brasilense* pode ter encontrado condições de desenvolvimento acarretando

em liberação de hormônios principalmente, a ácido 3-indolacético, giberelina e citocinina hormônios estimuladores do processo germinativo e crescimento das plântulas.

Tabela 3 - Médias dos cultivares nos dois sistemas de inoculação e nas cinco profundidade, desdobramentos da interação cultivar, manejo de inoculação e profundidade de semeadura para a característica emergência de plântulas (EM), em Couto Magalhães –TO, safra 2019/2020.

Profundidade	EM (%)			
	S/A		C/A	
	Bônus Ipro	NS 8383 RR	Bônus Ipro	NS 8383 RR
2	98.75a1	95.00 a1	95.00 a1	97.50 a1
4	78.75 a1	86.25 a1	83.75 a1	93.75 a1
6	68.75 a1	70.00 a1	58.75 b1	72.50 a1
8	40.00 b1	60.00 a1	37.50 a1	33.75 a2
10	31.25 a1	40.00 a1	18.75 a2	28.75 a2

1- Médias entre as cultivares dentro do mesmo manejo e mesma profundidade de semeadura, seguido pela mesma letra Minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 2- Médias entre os manejos de inoculação dentro de cada cultivar e da mesma profundidade de semeadura, seguida pelo mesmo Número, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey

Quando estudado o efeito dos manejos de inoculação dentro de cada cultivar e em cada profundidade, verificou-se que na profundidade de 10 cm para a cultivar Bônus Ipro e nas profundidades de 8 e 10 cm para a cultivar NS 8383 RR, houve maior emergência na ausência de *Azospirillum*.

De acordo com Bloemberg e Lugtenberg (2001), os mecanismos de promoção de crescimento vegetal utilizados por bactérias é um processo complexo que pode ser influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos (oxigênio, CO₂, Clima, temperatura, umidade, entre outros).

Segundo Steenhoudt e Vanderleyden (2000), uma associação de raiz de planta e *Azospirillum* só pode ser bem-sucedida se a bactéria for capaz de sobreviver no solo e atingir populações significativas no sistema radicular do hospedeiro, onde podem se beneficiar dos exsudatos das raízes como fonte de

carbono e energia e, portanto, podem contribuir para a sua sobrevivência e a colonização da rizosfera.

Assim, com o atraso na emergência a falta de plantas e raízes, pode ter iniciado um regime de competição entre os microrganismos no manejo C/A, que pode ter ocasionado a supressão e/ou morte de bactérias, ou ainda competição entre as bactérias e plântulas por metabólitos presentes na semente, resultando em menores números de unidades formadoras de colônias das bactérias (PLAZINSK e ROLFE, 1985) e prejuízo na emergência das plântulas. Esse processo competitivo pode não ter ocorrido no manejo S/A.

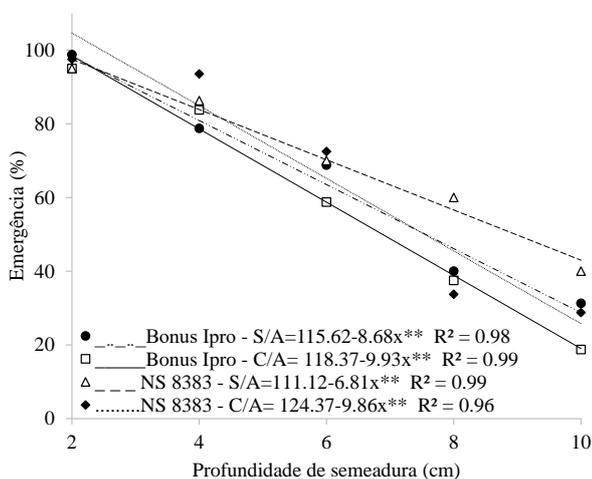
Segundo Jjemba e Alexander (1999), a capacidade das bactérias de sobreviver em grande número no solo é um dos principais determinantes de seu sucesso na colonização subsequente da rizosfera. A competição que pode ter ocorrido entre *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* pode ter acarretado na

diminuição no número de unidades formadoras de colônias desses microrganismos e diminuindo também a capacidade destas de sobreviver no solo em quantidade suficiente enquanto não iniciava o processo de germinação das sementes, afetando qualquer benefício que poderia trazer para a cultura nesta fase de desenvolvimento.

O benefício da colonização pode ser positivo em outro momento da fase de crescimento da cultura, porém, a disputa por recursos que pode ter ocorrido durante o período de germinação das sementes dificultou a emergência das plântulas.

As regressões polinomiais para a emergência de plantas nos manejos S/A e C/A para as duas cultivares em função das profundidades de semeadura, mostraram um modelo linear de resposta, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2. Emergência das cultivares Bônus Ipro e cultivar NS 8383 RR, semeadas em dois manejos de inoculação (S/A e C/A) e cinco profundidades de semeadura (2, 4, 6, 8 e 10 cm), em Couto Magalhães - TO, safra 2019/2020. ** significativo a 1% pelo teste de Tukey.



Em ambas as cultivares a emergência diminuiu drasticamente com o aumento da profundidade de semeadura. No entanto, percebe-se que em ambas as cultivares houve uma maior redução na presença de *Azospirillum* conforme as profundidades aumentaram a partir dos 6 cm.

O manejo S/A apresentou decréscimo de 14,3% e 44,7% menor na emergência para as cultivares Bonus Ipro e NS 8383, respectivamente, conforme o aumento nas profundidades de semeadura em relação ao manejo C/A. A cultivar NS 8383 apresentou menor decréscimo de 27,5% e 0,76% na emergência para os manejos S/A e C/A, respectivamente, com o aumento da profundidade em relação a cultivar Bonus Ipro.

A redução na emergência de plântulas com o aumento da profundidade de semeadura deve-se, possivelmente, a maior espessura da camada de solo pelo qual a plântula deve romper para emergir (MODOLO et al., 2010), que resulta em um maior gasto de energia na formação de estruturas não essenciais para a planta, como o alongamento do hipocótilo, para superar a barreira do solo, afetando negativamente o estabelecimento inicial do estande de plântulas, a habilidade competitiva e o potencial produtivo da soja (PEDÓ et al., 2014).

Resultados similares também foram observados por Aisenberg et al. (2014), onde a emergência de plântulas foi reduzida com o aumento na profundidade de semeadura da cultura da soja, também corrobora com os resultados encontrados por Pedó et al. (2014), para a cultura do feijão e Rezende et al. (2012), que constataram aumento da porcentagem de emergência de plântulas até 2,5 cm de profundidade, com posterior decréscimo com o aumento da profundidade de semeadura para a leguminosa amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*).

A menor emergência observada em ambas as cultivares na presença de *Azospirillum* com o aumento da profundidade pode estar associada a complexa interação que ocorre entre os microrganismos benéficos e as plantas no ecossistema solo (água, O₂, CO₂, luminosidade, temperatura), assim como, a competição entre plantas e microrganismos e dentre os microrganismos (KAYE e HART, 1997).

Para a característica índice de velocidade de emergência (IVE), foi observada interação tripla Época x Cultivar x Manejo de Inoculação, Tabela 4.

Quando comparadas as épocas de semeadura, na segunda época, o IVE foi sempre superior à primeira época, em ambas as cultivares e

independentemente dos manejos de inoculação (Tabela 4). A segunda época de semeadura também apresentou maior porcentagem de emergência nos manejos C/A e S/A para as cultivares Bônus Ipro e NS 8383 RR, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 4. Médias das épocas nas duas cultivares e nos dois sistemas de inoculação, desdobramentos da interação época, cultivar e manejo de inoculação para a característica índice de velocidade de emergência (IVE), em Couto Magalhães –TO, safra 2019/2020

Cultivar	Época 1		Época 2	
	S/A	C/A	S/A	C/A
Bônus Ipro	0,54bA1	0,48bB1	0,64aB1	0,70aA1
NS 8383 RR	0,54bA1	0,59bA1	0,79aA1	0,73aA1

1- Médias das épocas de semeaduras dentro do mesmo manejo de inoculação e mesmo cultivar, seguido pela mesma letra Minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 2- Médias das cultivares dentro de cada manejo e mesma época, seguida pela mesma letra Maiúscula, na coluna pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 3- Médias dos manejos dentro da mesma época e do mesmo cultivar, seguido pelo mesmo Número, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey

Para o IVE, do mesmo modo como ocorrido para emergência (Tabela 2), a cultivar NS 8383 RR foi superior a Bônus Ipro na primeira época na presença de *Azospirillum* e na segunda época na ausência de *Azospirillum* (Tabela 4).

Essa diferença observada entre as cultivares em relação aos métodos de inoculação (S/A e C/A) entre as épocas, assim como ocorreu para a emergência, pode estar relacionada com a interação planta-bactéria-ambiente.

Segundo Matsumura et al. (2015), a resposta da inoculação em condições de campo pode variar de acordo com os genótipos bacterianos e vegetais, bem como com a quantidade e qualidade das células utilizadas como inoculante e condições edafoclimáticas a que estes organismos estão expostos.

Por outro lado, não foram detectadas diferenças entre os manejos, em ambas as épocas e cultivares (Tabela 4). Apesar de ter ocorrido maior emergência no manejo S/A na primeira época para a cultivar Bônus Ipro e na segunda época para a cultivar NS 8383 RR (Tabela 2), os manejos não influenciaram o índice de velocidade de emergência.

Segundo resultados encontrados em estudos de Ferlini (2006), a velocidade de germinação das plantas de soja coinoculadas tende a ser maior. Por outro lado, segundo Leite et al. (2018) a inoculação não interferiu na velocidade de emergência das plântulas, uma vez que o vigor é resultado da escolha de um material com boa procedência genética aliado a boas práticas nos processos de produção e conservação da semente.

Foi observada a interação tripla Época x Cultivar x Profundidade de semeadura para a

característica índice de velocidade de emergência (IVE), (Tabela 5).

Profundidade	IVE			
	Época 1		Época 2	
	Bônus Ipro	NS 8383 RR	Bônus Ipro	NS 8383 RR
2	1.00 b1	0.99 b1	1.24 a1	1.32 a1
4	0.71 b1	0.77 b1	0.86 a2	1.13 a1
6	0.44 b2	0.57 b1	0.69 a1	0.73 a1
8	0.27 a1	0.34 a1	0.35a1	0.32 a1
10	0.12 a1	0.16 b1	0.20 a1	0.28 a1

Tabela 5. Médias das épocas nas duas cultivares e nas cinco profundidades, desdobramentos da interação época, cultivar e profundidade de semeadura para a característica índice de velocidade de emergência (IVE), em Couto Magalhães –TO, safra 2019/2020

1- Médias entre as épocas dentro da mesma cultivar e mesma profundidade de semeadura, seguido pela mesma letra Minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey. 2- Médias entre as cultivares dentro da mesma época e mesma profundidade de semeadura, seguida pelo mesmo Número, na linha pertencem ao mesmo grupo estatístico a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Nota-se que as profundidades de 2, 4, 6 cm diferiram para ambas as cultivares e obtiveram os melhores IVE na segunda época além da profundidade 10 cm para a NS 8383 RR que também apresentou maior IVE na segunda época. Corroborando com os resultados obtidos para a emergência de plântulas, onde as cultivares também apresentaram melhores resultados na segunda época de semeadura (Tabela 2).

Na comparação das médias dos cultivares dentro da mesma época e mesma profundidade de semeadura, observa-se que a cultivar NS 8383 RR foi superior a Bônus Ipro na primeira época na profundidade de 6 cm. Pode-se relacionar esse resultado com a maior porcentagem de emergência observada para a NS 8383 RR em relação a Bônus Ipro no manejo C/A nesta época (Tabela 2).

Na segunda época a cultivar NS 8383 RR foi superior a Bônus Ipro na profundidade de 4 cm. A NS 8383 RR também foi superior a Bônus Ipro na porcentagem de emergência na segunda época no manejo S/A.

O IVE foi reduzido linearmente pelo aumento na profundidade de semeadura para ambas as cultivares tanto na primeira quanto na segunda época (Figura 3).

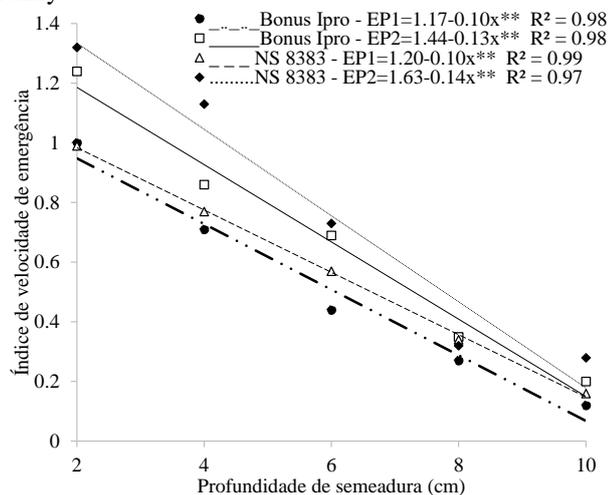
Segundo Peske et al. (2012), esta variável representa a expressão do vigor da plântula e sua redução pode ser atribuída a insuficiência de reservas da semente para o rompimento das camadas maiores de solo. Os mesmos autores ainda descrevem que a profundidade da semente em conjunto com as condições ambientais no campo pode afetar, em maior ou menor escala, o estabelecimento inicial da cultura.

Esse resultado corrobora os constatados por Aisenberg et al. (2014), para a cultura da soja em que o IVE diminuiu drasticamente com o aumento da profundidade de semeadura. Observa-se ainda que ambas as cultivares apresentaram menor IVE na primeira época.

Tais resultados vão ao encontro do observado na Tabela 3, pois à medida que aumenta a profundidade de semeadura, ocorre redução da

capacidade de germinar e, conseqüentemente, na velocidade de emergência.

Figura 3. Índice de velocidade de emergência das cultivares de soja Bônus Ipro e cultivar NS 8383 RR, semeadas em duas épocas distintas (EP1 e EP2) e em cinco profundidades de semeadura (2, 4, 6, 8 e 10 cm), em Couto Magalhães - TO, safra 2019/2020. ** significativo a 1% pelo teste de Tukey.



A redução do índice de velocidade de emergência também pode estar relacionada ao fato de que profundidades de semeadura excessivas, resultam em limitação à difusão de oxigênio que pode ter afetado negativamente a retomada do crescimento, pois níveis adequados de oxigênio devem haver para uma germinação normal (MARCOS FILHO, 2015).

Segundo Nakagawa (1999), quanto maior o IVE maior é a velocidade de germinação, o que permite inferir que mais vigoroso é o lote de sementes, assim, a profundidade de 2 cm é a profundidade ideal para a semeadura da soja para as duas cultivares nas condições em que o trabalho foi desenvolvido pois apresentou o maior IVE comparado com as demais profundidades.

Observa-se ainda na Figura 3, que o manejo S/A apresentou menor decréscimo com o aumento das profundidades de 18,4% e 37% em relação ao manejo C/A, para as cultivares Bônus Ipro e NS 8383 RR, respectivamente. E no manejo S/A a cultivar NS 8383 RR decresceu 4,3% menos com o aumento das

profundidades em relação a cultivar Bônus Ipro. Por outro lado, a cultivar Bônus Ipro decresceu 11,4% menos no manejo C/A com o aumento das profundidades em comparação com a NS 8383 RR.

CONCLUSÃO

A coinoculação não se mostrou eficiente frente à inoculação isolada com *B. japonicum*, em melhorar a germinação das cultivares, independente das profundidades de semeadura.

O aumento na profundidade influenciou negativamente os caracteres de emergência, independentemente do manejo de inoculação e época de semeadura.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio recebido da: Universidade Federal do Tocantins (UFT) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- AISENBERG, G.R.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Vigor e desempenho de crescimento inicial de plantas de soja: efeito da profundidade de semeadura. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.3081-3091, 2014.
- BALDANI, V.L.D.; OLIVEIRA, E.; BALOTA, E.; BALDANI, J.I.; KIRCHHOF, G.; DÖBEREINER, J. *Burkholderia brasiliensis* sp. nov., uma nova espécie de bactéria diazotrófica endofítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.69, n.1, p.116, 1997.
- BOSCHETTI, E.L.; SIMONETTI, A.P.M.M. Influência da coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* no desenvolvimento inicial da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p.44-52, 2018.

- BLOEMBERG, G.; LUGTENBERG, B.J.J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Current Opinion in Plant Biology**, v.4, p.343-350, 2001.
- BULEGON, L.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V.F. Initial development of soybean seedling inoculated and co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.1, p.26-37, 2014.
- CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos | Décimo segundo levantamento. V.7 - SAFRA 2019/20 - N.12, |SETEMBRO 2020. 33p.
- FERLINI, H.A. Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. [S.l.: s.n.], 2006.
- FIORIN, T.T.; ROSS, M.D. **Climatologia agrícola**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015. 82p.
- GARCIA, R.A.; GOULART, A.C. **Excesso de chuvas na região sul de MS pode atrapalhar desenvolvimento da soja**. Manejo de Recursos Hídricos. Embrapa Agropecuária Oeste. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em 14 Mai. 2021.
- GRDC - GRAINS RESEARCH E DEVELOPMENTS CORPORATION. **Soybeans - Planting**. Sessão 3. 2016. 10p.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, n.2-3, p.151-164. 2000.
- JJEMBA, P.K.; ALEXANDER, M. Possible determinants of rhizosphere competence of bacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, n.4, p.623-632, 1999.
- KAYE J.P.; HART, S.C. Competition for nitrogen between plant and soil microorganisms. **Trend in Ecology and Evolution**, v.12, p.139-143, 1997.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.263-284, 1976.
- LEITE, C.A.M.; BARBOSA, C.A.C.; SANTOS, E.D.DOS; SORIANE, R.; CHAGAS, T.L.K. Índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de soja sob influência do vigor e inoculação em solo argiloso e areia comercial. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v.34, n. especial, p.244-253, 2018.
- LOBÃO, M.S.P.; STADUTO, J.A.R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.58, n.2, e188276, p.1-18, 2020.
- LOREDO-OSTI, C.; LÓPEZ-REYES, L.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Plant growth-promoting bacteria in association with graminaceous Species: A Review. **Terra Latinoamericana**, v.22, n.2, 2004.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 659p.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in relation evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MATSUMURA, E.E.; SECCO, V.A.; MOREIRA, R.S. SANTOS, O.J.A.P.DOS; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, A.L.M.DE. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Annals of Microbiology**, First published, 2015.
- MIHĂȘAN, M.; STEFAN, M. The evolution of total soluble proteins content during the germination of *Glycine max* L. L. beans under the influence of some rhizobacterial strains. **Lucrări Științifice**, v.51, p.7-13, 2008.
- MODOLO, A.J.; TROGELLO, E.; NUNES, A.L.; FERNANDES, H.C.; SILVEIRA, J.C.M.DA; DAMBRÓS, M.P. Efeito de cargas aplicadas e profundidades de semeadura no desenvolvimento da cultura do feijão em sistema de plantio direto. **Ciência Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.739-745, 2010.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. FUNEP, p.48-85, 1994.
- OLIVEIRA, E.D.A.S.; ZOZ, T. VENDRUSCULO, E.P.; ANDRADE, A.DE.F.; SERON, C.DE.C.; WITT, T. W. Does *Azospirillum brasilense* and biostimulant improve the initial growth of rice sown at greater depths? **Journal of Crop Science and Biotechnology**, Springer, v.23, p.461-468, 2020.
- PATTEN, C.L.; GLICK, B.R. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, v.42, n.3, p.207-220, 1996.

- PEDÓ, T.; SEGALIN, S.R.; SILVA, T.A. DA.; MARTINAZZO, E.G.; GAZOLLA NETO, A.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Vigor de sementes e desempenho inicial de plântulas de feijoeiro em diferentes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.59-64, 2014.
- PENOT, I.; BERGES, N.; GUINGUENE, C.; FAGES, J. Characterization of *Azospirillum* associated with maize (*Zea mays* L.) in France using bio-chemical tests and plasmid profiles. **Canadian Journal of Microbiology**, v.38, n. 8, p.798-803, 1992.
- PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012, 573p.
- PLAZINSKI, J.; ROLFE, B.G. Influence of *Azospirillum* strains on the nodulation of clovers by *Rhizobium* strains. **Applied and environmental microbiology**, v.49, n.4, p.984-989, 1985.
- RAHMAN, M.M.; HOSSAIN, M.M. Effect of sowing date on germination and vigour of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) seeds. **The Agriculturists**, v.11, n.1, p.67-75, 2013.
- REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1139-1146, 2008.
- REZENDE, A.V.; ANDRADE, L.P.; ALMEIDA, G.B.S.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; LANDGRAF, P.R.C.; NOGUEIRA, D.A.; VILELA, H.H. Efeito da profundidade e da mistura de sementes ao adubo químico na emergência de plântulas de espécies forrageiras. **Revista Agrarian**, Dourados, v.5, n.16, p.115-122, 2012.
- SOUZA, F.G.DE; SILVA, E.L.S. DA; ALVAREZ, R. DE C. F.; ZANELLA, M. S.; LIMA, S. F. de. Inoculação e co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v.9, n.6, e170963553, 2020.
- STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, v.24, p.487-506, 2000.
- WANI, S.P.; CHANDRAPALAIH, S.; DART, P.J. Responses of pearl millet cultivars to inoculation with nitrogen-fixing bacteria. **Experimental Agriculture**, v.21, n. 2, p.175-182, 1985.
- ZEFFA, D.M.; FANTIN, L.H.; KOLTUN, A.; OLIVEIRA, A.L.M.DE; NUNES, M.P.B.A.; CANTERI, M.G.; GONÇALVES, L.S.A. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on co-inoculation with *Bradyrhizobium* in soybean crop: a meta-analysis of studies from 1987 to 2018. **PeerJ**, v.8, e7905, p.1-19, 2020.
- ZOZ, T.; VENDRUSCOLO, E.P.; WITT T.W.; OLIVEIRA, C.E.DA.S.; ZOZ, J.; ZOZ, A. Does *Azospirillum brasilense* and Stimulate® to improve the initial growth of wheat sown at greater depths? **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.1, e5604, 2019.