

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

ESTELA FLORES

**SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM UM SOLO ARENOSO NO CULTIVO
DA SOJA DE PRIMEIRA SAFRA**

CHAPADÃO DO SUL - MS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM UM SOLO ARENOSO NO CULTIVO
DA SOJA DE PRIMEIRA SAFRA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado a
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Meire Aparecida
Silvestrini Cordeiro

CHAPADÃO DO SUL – MS

2023



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTORA: ESTELA FLORES.

ORIENTADORA: **Profa. Dra. Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro.**

Aprovada pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHARELA EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Profa. Dra. Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro
Presidente da Banca Examinadora e Orientadora

Profa. Dra. Elisangela de Souza Loureiro
Membro da Banca Examinadora

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 17 de novembro de 2023.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magistério Superior**, em 17/11/2023, às 12:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Elisangela de Souza Loureiro, Professora do Magistério Superior**, em 20/11/2023, às 08:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro, Professora do Magistério Superior**, em 20/11/2023, às 08:54, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4468277** e o código CRC **687E390A**.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000612/2023-54

SEI nº 4468277

*”O que faz andar o barco não é a vela
enfundada, mas o vento que não se vê”*

(Platão)

Dedico a Deus, sem Ele nada disso seria possível. E aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde e por me dar forças para seguir sempre adiante, sem me deixar levar pelas pedras no caminho. Sem a Sua Graça, nada disso seria possível. Peço por discernimento e sabedoria para alcançar os meus objetivos. Obrigada por tanto, Pai.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Vanderlei e Maristela, e meu irmão Nicolas pelo amor incondicional, incentivo e apoio ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Sou imensamente grata pela confiança depositada em mim e por sempre acreditarem que eu era capaz. Muito obrigada, eu amo os senhores e o Nica!

Aos meus amigos e colegas de turma, em especial, Bruna, Matheus, Sabrina e Fabíola, por compartilharmos momentos de estudo, trocas de ideias e apoio mútuo ao longo desses anos. Vocês foram fonte de inspiração e motivação para seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores. Obrigada, amo vocês!

À minha orientadora, Profa. Dra. Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro, por ter me encorajado, ter me dado suporte e disponibilizado seu tempo. Suas orientações precisas e valiosas contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada, profa.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e aos professores do campus de Chapadão do Sul, que compartilharam seus conhecimentos e experiências ao longo da minha formação acadêmica, meu sincero agradecimento. Suas aulas e feedbacks foram fundamentais na minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus amigos que conquistei ao longo da graduação, pelo apoio e pelos momentos inesquecíveis que vivemos durante esses anos e pela troca de experiências que me permitiram evoluir não só como pessoa, mas como formanda, em especial: Adrielly, Rafaela, Ana Beatriz, Pedro, Otávio. A vocês e demais colegas aqui não citados, mas que de certa forma foram importantes na minha vida acadêmica e pessoal, obrigada pela amizade e momentos compartilhados.

À todos vocês meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES	24
5. REFERÊNCIAS	25

SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM UM SOLO ARENOSO NO CULTIVO DA SOJA DE PRIMEIRA SAFRA

Resumo

O fósforo (P) é um nutriente essencial para planta e que exige um manejo adequado para seu melhor aproveitamento, especialmente em solos arenosos., há um grande interesse em pesquisas com microrganismos que possam aprimorar o desempenho do P no solo, como os solubilizadores de fosfato. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de solubilizadores de fosfato, em diferentes associações no sulco de plantio, nos componentes de produção e na produtividade da soja de primeira safra em um solo arenoso. O experimento foi realizado no município de Sonora - MS, em uma área comercial de primeira safra, em Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas. Os tratamentos foram: 1) Testemunha - sem tratamento no sulco de semeadura; 2) Padrão Fazenda (PF): *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* + *Trichoderma asperellum*; 3) PF + *Pseudomonas fluorescens* (PF + *Pseudomonas*); 4) PF + bioestimulante organomineral (PF + Orgânico) e 5) PF + adubo mineral (PF+ mineral), todos aplicados no sulco de semeadura. Os tratamentos PF + *Pseudomonas* e PF + adubo mineral propiciaram maiores altura, número de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja. A maior produtividade da soja foi proporcionada pelo tratamento PF, sendo 28,8 % maior que a médias dos tratamentos PF com outras combinações de inoculantes. Foram verificados efeitos positivos das combinações de solubilizadores de fosfato em relação ao tratamento sem o uso de microrganismos.

Palavras chaves: promotores de crescimento de plantas; fixação biológica; microrganismos, *Glycine max* (L) Merrill.

PHOSPHATE SOLUBILIZERS IN SANDY SOIL IN FIRST CROP SOYBEAN CULTIVATION

Abstract

Phosphorus (P) is an essential nutrient for plants and requires adequate management for its best use, especially in sandy soils. There is great interest in research into microorganisms that can improve the performance of P in the soil, such as phosphorus solubilizers. phosphate. Therefore, the objective of this study was to evaluate the use of phosphate solubilizers, in different associations in the planting furrow, in the production components and in the productivity of first-crop soybeans in a sandy soil. The experiment was carried out in the municipality of Sonora - MS, in a commercial area with a first harvest, in Quartzarenic Neosol. The experimental design was in randomized blocks (DBC) with five treatments and five replications, totaling 25 plots. The treatments were: 1) Control - no treatment in the sowing furrow; 2) Farm Standard (PF): *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* + *Trichoderma asperellum*; 3) PF + *Pseudomonas fluorescens* (PF + *Pseudomonas*); 4) PF + organomineral biostimulant (PF + Organic) and 5) PF + mineral fertilizer (PF+ mineral), all applied in the sowing furrow. The PF + *Pseudomonas* and PF + mineral fertilizer treatments provided greater height, number of pods per plant and number of grains per soybean pod. The highest soybean productivity was provided by the PF treatment, being 28.8% higher than the average of PF treatments with other inoculant combinations. Positive effects of combinations of phosphate solubilizers were verified in relation to treatment without the use of microorganisms.

Keywords: plant growth promoters; biological fixation; microorganisms, *Glycine max* (L) Merrill.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é a principal oleaginosa produzida e consumida no mundo, desempenhando importante papel na economia agrícola e na garantia da segurança alimentar. Sendo o Brasil, atualmente, o maior produtor e exportador mundial de soja, com expectativa de produção recorde para a safra 2023/2024 em torno de 162 milhões de toneladas (+ 4,8 % em relação à safra anterior). Além disso, estima-se um aumento na área plantada e na produtividade média de 2,5 % (45.182,3 milhões ha) e 2,2 % (3.586 kg ha⁻¹) respectivamente (Conab, 2023).

Nesse contexto, é preciso aumentar a produtividade agrícola sem que se faça necessário a expansão das áreas, garantindo uma agricultura sustentável e que atenda a crescente demanda global por alimentos. Mas como o processo de expansão de áreas ainda tem ocorrido, tem sido impulsionado a utilização de solos com características mais complexas para a produção agrícola, como os solos arenosos.

Esses solos não apresentam boa retenção de água, e também são naturalmente carentes em nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, os quais tendem a limitar a produtividade. Entre esses nutrientes, destaca-se o fósforo (P), que é fundamental para síntese de moléculas como DNA, RNA, ATP e NADPH, fosfolipídios das membranas, além de participar dos processos fundamentais para a vida das plantas como a fotossíntese, respiração, metabolismo de carboidratos, fixação de N₂ e ativação de proteínas por meio de fosforilações (Fernandes; Souza; Santos, 2018).

Para melhorar o uso do P presente no solo, métodos alternativos vêm sendo explorados na agricultura, como a utilização de biofertilizantes, que proporcionam maior diversidade de microorganismos, capazes aumentar a solubilização do P do solo, além de disponibilizar outros nutrientes para as plantas. Também podem promover plantas mais resilientes a fatores biótico e abióticos adversos. Entre os bioestimulantes, podem ser utilizados vários gêneros de bactérias como *Pseudomonas* e *Bacillus* e fungos como o *Trichoderma*.

Outras técnicas de cultivo também são utilizadas com o objetivo de proporcionar aumentos produtivos para a soja e potencializar a fixação biológica do nitrogênio (FBN). Uma destas alternativas é a coinoculação com diferentes microrganismos, que atuando de forma sinérgica, apresentam resultados superiores, quando comparados a inoculação isolada. Um exemplo dessa utilização ocorre com a combinação entre *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na inoculação das sementes de soja (Barbaro et al., 2011).

O Brasil é referência na utilização de inoculantes contendo *B. japonicum*, onde a simbiose entre planta e bactéria é capaz de fornecer todo o nitrogênio requerido pela cultura da soja, além de disponibilizar parte do nitrogênio para a cultura subsequente (De Biocontrole., 2020). A coinoculação com *Azospirillum* é a mais utilizada no cultivo da soja no Brasil. Consiste em uma bactéria associativa que produz fitormônios que promovem crescimento da planta e raízes, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes. Também são capazes de propiciar a indução de resistência sistêmica a doenças e estresses ambientais, além da capacidade de solubilizar fosfato (Braccini et al., 2016).

Outro microrganismo importante no meio agrícola é o fungo *Trichoderma* que é um antagonista, atua no controle de fitopatógenos e fitonematóides, modifica a arquitetura radicular ao estimular a sinalização de auxinas, aumenta atividade enzimática, a produção de metabólitos secundários, e também tem sido utilizado como solubilizadores de fosfato, através da liberação de ácidos orgânicos (Oliveira et al. 2022). As combinações de microrganismos benéficos podem promover o crescimento das plantas, reduzir a aplicação de fertilizantes, como os fosfatados, e/ou melhorar seu aproveitamento pelas plantas. Dessa forma, estudar essas diferentes combinações e em condições edafoclimáticas adversas, como nos solos arenosos do cerrado, pode trazer importantes informações para a agricultura.

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de solubilizadores de fosfato em diferentes associações no sulco de plantio sobre os componentes de produção e produtividade da soja de primeira safra em um solo arenoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de campo, na safra 2022/2023 no Município de Sonora – MS, situado a 17°34'37" S e 54°45'28" W e altitude de 442 metros.



Fonte: Google imagens

Figura 1. Mapa de localização do município de Sonora no Estado do Mato Grosso do Sul.

O clima característico da região, segundo classificação de Köppen Geiger, é do subtipo (Aw) tropical, megatérmico, com estação de inverno pouco definida ou ausente, forte precipitação anual com as chuvas de verão e temperatura média do mês mais frio > 18° C. De acordo com dados do INMET (2022), a cidade de Sonora apresenta temperatura média de 22° C e precipitação anual média entre 1.000 mm a 1.500 mm, sendo de dezembro a março os meses mais chuvosos e de junho a setembro os mais secos.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental, na camada de 0 – 0,20 m e realizada a análise química, segundo método proposto por Raij *et al.* (2001). Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Análise química e textural do solo antes da implantação do experimento.

pH	Cmol dm ⁻³					Mg dm ⁻³ (ppm)				Textura (g dm ⁻³)			Cmol dm ⁻³	
	CaCl2	Ca+ Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P(mel)	Argila	Silte	Areia	T	t
6,20	5,10	3,14	2,45	0,69	0,12	4,80	0,03	13,00	2,70	120	75	805	8,00	3,30
%										Relação entre bases				
V	Sat. Al	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC	H+Al/CTC	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K						
39,60	3,60	30,60	8,60	0,40	60,00	3,60	81,70	23,00						

A área experimental encontrava-se degradada, onde desenvolvia-se a atividade de pecuária extensiva. Dessa forma, antes da implantação do experimento foram efetuados os seguintes preparos do solo: calagem, dividida em duas aplicações, a primeira utilizando 4 t ha⁻¹, com gradagem (grade 36''), buscando incorporar o calcário e a segunda aplicação com 3 t ha⁻¹. Posteriormente, foi realizada a subsolagem com intenção de incorporar o calcário e quebrar a camada compactada do solo, seguida de adubação com 400 kg ha⁻¹ de super fosfato simples e 10 kg ha⁻¹ de boro a lanço, com a semeadura de milho em meados de setembro, aplicando-se 300 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK (15-15-15) no pré-florescimento da cultura.

A implantação do experimento iniciou-se com a semeadura da cultura da soja sobre o milho, realizada no dia 14 de novembro de 2022, utilizando-se semeadora contendo 24 linhas espaçadas em 0,45 m. A cultivar utilizada foi C2379 IPRO em densidade de 12 sementes m⁻¹. O tratamento de sementes foi realizado utilizando 2 mL kg⁻¹ de um fungicida e inseticida de ação protetora (Piraclostrobina), sistêmico (Tiofanato Metílico) e de contato e ingestão (Fipronil), produto comercial Standak® Top. Após a semeadura da área experimental foi realizada a dessecção do milho com o herbicida glifosato (Roundup Ultra®) na dose de 2 kg ha⁻¹ junto a 500 g ha⁻¹ de manganês via pulverização com um autopropelido.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas. As parcelas eram contidas por 24 linhas de 5 metros de comprimento espaçadas em 0,45 m entre elas. A área útil do experimento foi com o uso de 16 linhas centrais de cada uma das parcelas, sendo 36 m² desprezando as linhas remanescentes. Os tratamentos foram: 1) Testemunha - sem tratamento no sulco de semeadura; 2) Padrão Fazenda (PF): *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* + *Trichoderma asperellum*; 3) PF + *Pseudomonas fluorescens* (PF +

Pseudomonas); 4) PF + bioestimulante organomineral (PF + Orgânico) e 5) PF + adubo mineral (PF+ mineral), todos aplicados no sulco de semeadura.

O tratamento padrão da fazenda (PF) foi composto de *Azospirillum brasilense* sendo utilizado o produto comercial Masterfix Gramíneas[®], estirpes Abv5 e Abv6 (2×10^8 células viáveis mL⁻¹), na dose de 300 mL ha⁻¹; o *Bradyrhizobium japonicum* (produto comercial Starfix[®] soja, estirpe SEMIA 5079 e 5080, com concentração 1×10^{10} UFC mL⁻¹), na dose de 1,2 L ha⁻¹; o produto comercial ONIX[®] OG com concentração de 1×10^9 UFC mL⁻¹ como nematicida microbiológico à base de *Bacillus methylotrophicus* na dose de 200 mL ha⁻¹; de fungicida microbiológico a base de *Trichoderma asperellum* utilizando o produto comercial Quality[®] com concentração de 1×10^{10} conídios viáveis na dose de 100 g ha⁻¹; Para o tratamento PF+ *Pseudomonas* além de todos os produtos descritos anteriormente, somou-se o produto comercial Hober[®] Phos, que é a base de *Pseudomonas fluorescens*, estirpe ATcc 13525, 2×10^8 UFC mL⁻¹, na dose de 180 mL ha⁻¹. O tratamento 4 (PF + orgânico) foi utilizado os microrganismos do PF somando-se a um bioestimulante, cujo nome comercial é Flexroots[®], composto de carbono orgânico 5%, Molibidênio 0,05%, metagenômica: 16S rDNA contendo 76,63% de *Lactobacillus*, 10,21% de *Prevotella*, 5,63% de Actinomicetos e 7,73% de outros; 89,5% de *Saccharomyces*, 5,5 % de *Actinomucor* e 5,0% de outros na dose de 1 L ha⁻¹. O tratamento 5 (PF + Mineral) então foi a soma dos microrganismos do PF com um fertilizante mineral misto, produto comercial TOP[®]-KM, com garantias de 1% de P₂O₅ e 1% de K₂O na dose de 2 L ha⁻¹.

Sendo o *A. brasilense* com a função de fixar o nitrogênio do ar (N₂) e liberar amônio (NH₄) às raízes; *B. japonicum* de fixar nitrogênio atmosférico; *B. methylotrophicus* de controlar os fitonematóides no solo; *T. asperellum* para o controle de fungos fitopatogênicos; *P. fluorescens* que solubiliza o elemento fósforo retido nas partículas do solo, deixando-o prontamente disponível para o aproveitamento das plantas por processos de Fosfatase; Flexroots[®] solubilizar fosfato e materiais silicáticos e TOP[®]-KM ajudar na absorção de fósforo e potássio. Todos os produtos utilizados para os tratamentos foram diluídos em água, misturados através de um sistema de agitação com o intuito de garantir adequada homogeneização dos produtos e aplicados no sulco de plantio por um pulverizador acoplado na semeadora. Após a semeadura, foram feitos tratamentos culturais necessários (herbicidas, fungicidas) de acordo com o utilizado para lavouras comerciais de soja da região.

As avaliações foram realizadas no momento da colheita da soja, em março de 2023. As variáveis avaliadas e as formas de avaliação foram: altura de planta (ALT) e altura da inserção

de primeira vagem (AIPV) que foram avaliadas com trena manual (cm). Número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) foram avaliadas por meio da contagem manual de uma amostra de 10 plantas por repetição de campo. A massa de 100 grãos (MS 100G) foi obtida com balança digital (g) e produtividade (PROD) através da pesagem pós colheita dos grãos de 36 m² e extrapolados para através de cálculos para a área de 1 ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentado o resultado da análise de variância em relação ao uso dos diferentes tratamentos com solubilizadores de fosfato nas componentes de produção e produtividade da cultura da soja.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura (ALT), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MS 100G) e produtividade de grãos (PROD) da cultura da soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em um solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil, 2022/2023.

Fatores	GL	ALT	AIPV	NVP	NGV	MS 100G	PROD
Bloco	4	25,66	2,54	8,14	80,24	0,1624	209,439076
Trat (T)	4	288,66*	2,34 ^{ns}	1858,74*	14538,94*	3,5044*	6141656,319106*
Res	16	49,185	1,69	72,365	168,765	0,19490 0	1294,596206
CV (%)	-	11,05	10,19	15,80	8,90	3,13	1,49
Média	-	63,48	12,76	53,84	146,04	14,124	2410,7852

*, ^{ns}: ($p \leq 0,05$) significativo a 5% e não significativo, respectivamente. CV: coeficiente de variação. Fonte: Próprios autores.

Para a variável AIPV não houve diferenças significativas dos tratamentos (Tabela 2). A importância da avaliação da altura da inserção de primeira vagem restringe-se ao fato do atributo poder ou não provocar perdas durante a colheita devido a barra de corte da colhedora (Cruz et al., 2006). Segundo Sediayama et al. (1999), a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em terrenos mais inclinados. Assim, nesse presente trabalho foi verificada média de 12,76 cm de altura de inserção da primeira vagem, estando dentro dos padrões estabelecidos na literatura.

Para as demais variáveis, ALT, NVP, NGV, M100G e PROD, foram verificados efeitos significativos dos tratamentos (Tabela 2). Para a variável altura (ALT), quando foram utilizados os tratamentos PF associado à *Pseudomonas* ou ao fertilizante mineral verificaram-se maiores médias quando comparadas à testemunha, não diferindo do PF (sem associação de outros tratamentos) e PF associado ao fertilizante orgânico (Figura 2).

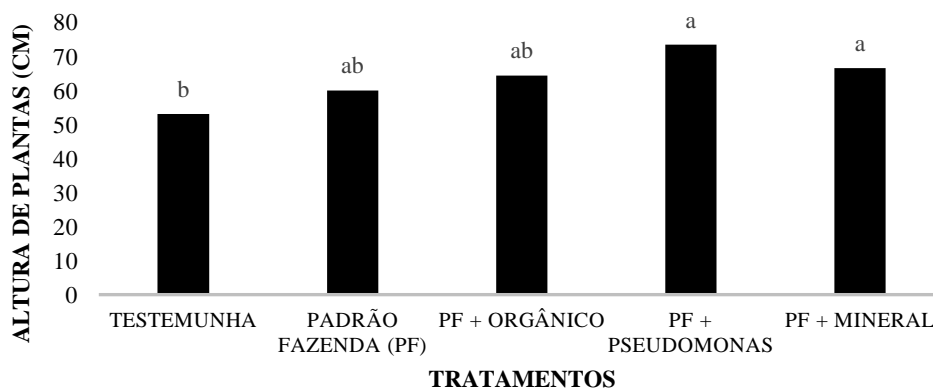


Figura 2. Altura de plantas (ALT) de soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil, 2022/2023. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável número de vagens por planta (NVP), também foram observados que os tratamentos PF associado com *P. fluorescens* e ao fertilizante mineral proporcionaram maiores médias em relação à testemunha, porém também foi maior que o tratamento PF, não diferindo somente com o PF + fertilizante orgânico (Figura 3). Zucareli et al. (2011) observaram aumento na produção de vagens de feijão perante aplicação de fósforo, evidenciando que a formação de vagens na planta está relacionada aos níveis adequados de fósforo, o que leva a inferir que neste estudo os tratamentos acima descritos proporcionaram disponibilidade de P para a soja.

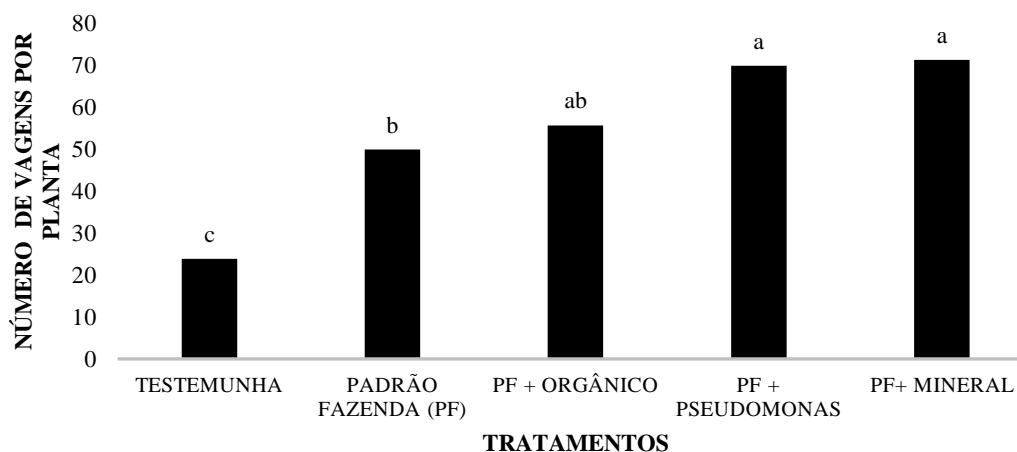


Figura 3. Número de vagens por planta (NVP) da soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil, 2022/2023. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para o número de grãos por vagem (NGV) também foram verificados maiores médias dos tratamentos PF com *Pseudomonas fluorescens* e com fertilizante mineral (Figura 4), em relação aos demais.

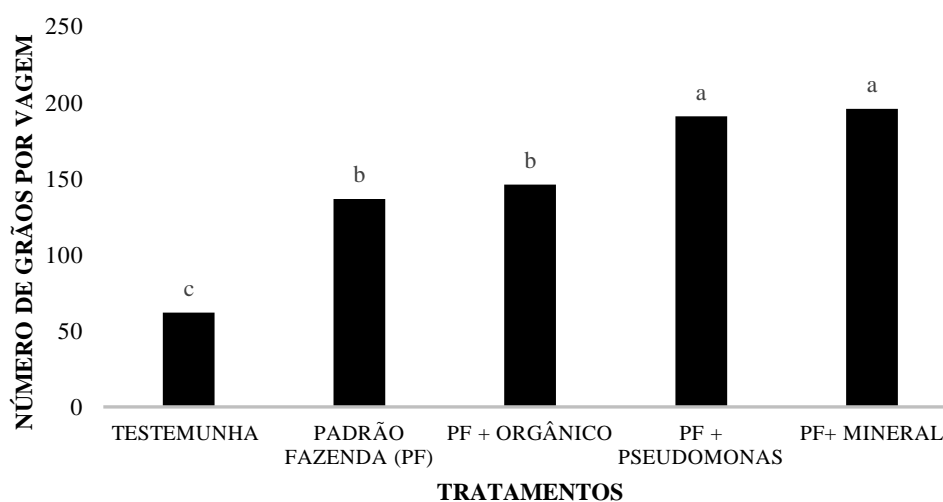


Figura 4. Número de grão por vagem da cultura da soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil,

2022/2023. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Importante destacar que o tratamento PF é composto por *A. brasilense*, que tem a função de fixar o nitrogênio, disponibilizar nutrientes e substâncias às raízes para promoção de crescimento; o *B. japonicum* para a fixação do nitrogênio atmosférico; o *B. methylotrophicus* com a função de controlar fitonematoides no solo, incluindo o nematoide *Meloydogine javanica* (nematoide das galhas) e *Pratylenchus brachyurus* (nematoide das lesões); o *T. asperellum* para controlar a *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco), *Fusarium* e *Rhizoctonia* (causadores de podridões radiculares). Ou seja, são microrganismos utilizados para cumprimento de funções específicas na lavoura comercial, mas é sabido que muitos desses possuem diversidade metabólica, que implica na diferenciação da diversidade de função de acordo com o uso do solo, chamado de redundância funcional (Andreote; Cardoso, 2016), ou seja, no ambiente agrícola podem também promover outras funções, inclusive a de solubilização de fosfato. Dessa forma, quando associados à *Pseudomonas* e ao fertilizante mineral, foi verificado sinergia dos tratamentos, refletindo nas variáveis ALT, NVP e NGV (Figuras 2, 3 e 4).

As bactérias do gênero, *Pseudomonas*, abrange um grupo de bactérias onipresente em solos agrícolas, por possuírem muitas características que as tornam ótimas bactérias promotoras do crescimento de plantas, como sua versatilidade nutricional e sua habilidade de crescer em ampla variedade de ambientes e substratos (Ferreira et al., 2009), sendo interessante seu uso em solos arenosos, como deste estudo. Embora algumas espécies de *Pseudomonas* apresentem fitopatogenicidade, muitos membros desse grupo, como as espécies *P. fluorescens* e *P. putida*, têm sido relacionados a efeitos benéficos observados em plantas (Ji et al., 2006)

Os gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* colonizam, rapidamente, o sistema radicular das plantas e promovem aumento, no crescimento das plantas e rendimento de grãos e, também, suprimem vários microrganismos patogênicos (Khere et al., 2011; Lavakusha et al., 2014), produzem fitohormônios, solubilizam o P inorgânico e outros nutrientes, e mineralizam o P orgânico (Solteira, 2022; Zucarelli et al., 2011).

Sobre a combinação PF + mineral que também proporcionou maiores ALT, NVP e NGV (Tabelas 2, 3 e 4), está relacionada com o fato de que os fertilizantes minerais comportarem maiores concentrações de nutrientes na forma solúvel, podendo ser absorvidos rapidamente pelas plantas promovendo maior desenvolvimento das mesmas (Dias; Fernandes, 2006).

Plantas nutridas fornecem energia e nutrientes para a biota do solo, via resíduos e exsudados de raízes, podendo ser aproveitados e metabolizados pela mesma (Andreote; Cardoso, 2016).

Os maiores valores de massa de cem grãos (M100G) foram encontrados nos tratamentos PF e PF associado ao fertilizante orgânico, sendo superiores aos demais tratamentos (Figura 5).

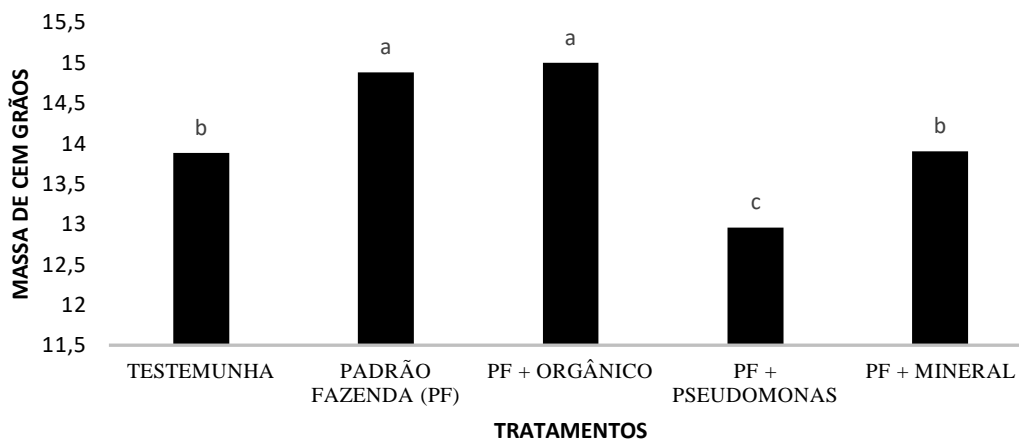


Figura 5. Massa de cem grãos (M100G) da cultura da soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil 2022/2023. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade de grãos foi verificado maior influência do tratamento PF sem as demais associações de tratamentos (Figura 6).

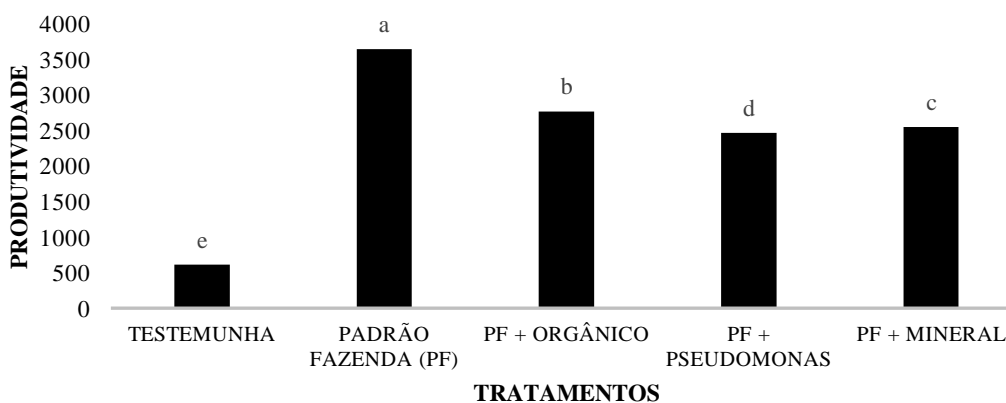


Figura 6. Produtividade da cultura da soja em resposta a utilização de solubilizadores de fosfato em solo arenoso, em área de primeira safra. Sonora, MS, Brasil, 2022/2023. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ressalta-se, que para M100G e para a produtividade (Figuras 5 e 6) não foram verificadas influências das associações com *Pseudomonas* e com o fertilizante mineral, como nas variáveis ALT, NVP e NGV, ou seja, a associação dos tratamentos promoveu alguns benefícios no desenvolvimento das plantas, mas não refletiu em produtividade. Apesar de produzirem maior número de vagens, foram os tratamentos PF, seguido de PF + orgânico que proporcionaram maior compensação em massa dos grãos.

Vale destacar que o tratamento PF por si só, é uma combinação de microrganismos com diferentes funções para o solo e para planta, e que essa combinação se reverteu em maior produtividade da soja, representando 28,8 % maior que a média dele com as demais combinações (Figura 6). Dentre eles, o *B. japonicum* que é uma bactéria específica para a cultura da soja, sendo a inoculação, uma prática indispensável em área de primeiro ano de cultivo dessa leguminosa (Reunião..., 2002). Independentemente da forma de aplicação do inoculante, sabe-se que os ganhos em produtividade decorrentes da inoculação, em áreas já cultivadas anteriormente com soja, são menos expressivos do que os obtidos em solos de primeiro ano (Campos; Gnatta, 2006).

Os mecanismos de ação do *Bradyrhizobium* e do *Azospirillum* são diferentes. No caso do último, os benefícios vêm da produção de fitohormônios que possuem grande implicação no crescimento das raízes. Assim, um maior e mais volumoso sistema radicular propicia uma maior absorção e utilização de água e nutrientes (Hungria; Nogueira, 2014). No que diz respeito à água, resulta em uma menor vulnerabilidade a situações de escassez hídrica, sendo importante na condição de solos arenosos, como no deste estudo. Quanto aos nutrientes, é possível observar um maior vigor nas plantas, além de um equilíbrio nutricional devido ao aproveitamento eficiente dos nutrientes presentes no solo e através da adubação (Hungria; Nogueira, 2014).

Resultados semelhantes ao deste estudo foram observados por Braccini et al. (2016), onde a utilização da associação do *B. japonicum* com *A. brasilense*, via sulco de semeadura, proporcionou incrementos nos caracteres fisiológicos, bem como promoveu acréscimos na produtividade de grãos da soja, quando comparado com a testemunha.

Em relação aos fungos do gênero *Trichoderma* são uns dos principais microrganismos de importância para o aumento do crescimento vegetal. Este fungo pode influenciar

positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura devido, também, à produção de substâncias promotoras de crescimento e melhoria na nutrição das plantas, principalmente pela solubilização de fósforo e síntese de ácido indol acético (Chagas et al., 2016), tendo grande importância econômica para a agricultura, também, por serem capazes de atuarem como agentes de controle de doenças de várias plantas cultivadas e indutores de resistência de doenças nas plantas (Asuming-brempong, 2013)

Ainda sobre os microrganismos presentes no tratamento PF, o *B. methylotrophicus*, de acordo com o trabalho de Marçal (2019), expressou uma taxa de redução no número populacional do nematoides *P. brachyurus* em raízes de soja, e também proporcionou maiores incrementos de produtividade. Portanto, também atua na promoção de crescimento de plantas.

Toda via, cabe ressaltar que no desenvolvimento do ciclo vegetativo existem muitas variáveis que não são controláveis, entre elas citam-se: condições climáticas, precipitações e fotoperíodo, alterações bruscas destas variáveis climáticas, podem alterar o comportamento dos microrganismos. Sendo, portanto, a produtividade das culturas definida pela interação entre planta, ambiente e manejo (Cruz et al., 2016).

CONCLUSÕES

Para as variáveis altura, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade foram verificados efeitos positivos das combinações de solubilizadores de fosfato em relação ao tratamento sem o uso de microrganismos.

A combinação PF + *Pseudomonas* e PF+ mineral proporcionaram maiores alturas de plantas, número de vagens por plantas e número de grãos por vagem.

A maior produtividade foi proporcionada pelo tratamento PF sendo composto por *Azospirillum brasilense*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Bacillus methylotrophicus* e *Trichoderma asperellum*.

REFERÊNCIAS

ANDREOTE, F. D.; CARDOSO, E. J. B. N. **Introdução à biologia do solo**. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. (ed.). *Microbiologia do solo*, 2º ed. Piracicaba: Esalq, 2016. p. 9-22.

ASUMING-BREMPPONG, S. **Phosphate solubilizing microorganisms and their ability to influence yield of rice**. *Agricultural Science Research Journal*, Legon, v. 3, n. 12, p. 379-386, 2013

BÁRBARO, I. M.; BARBARO JUNIOR, L. S.; TICELI, M.; MACHADO, P. C.; MIGUEL, F. B. **Resultados preliminares da coinoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja**. *Pesquisa & Tecnologia*, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.

BHATTACHARYYA, R. *et al* **Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybeanwheat system of the Indian Himalayas**. *European Journal of Agronomy*, v. 28, n. 01, p. 33-46, 2008

BRACCINI, A. L., MARIUCCI, G. E. G., SUZUKAWA, A. K., LIMA, L. H.S., & PICCININ, G. G. (2016). **Co-inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e Adubação Nitrogenada na Nodulação das Plantas e Rendimento da Cultura da Soja**. In *Scientia Agraria Paranaensis* (Vol. 15, Issue 1). <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n1p27-35>

CAMPOS, B.H.C. **Dose de inoculante turfoso para soja em plantio direto**. *C. Rural*, 29:423-426, 1999.

CAMPOS, B.H.C. & GNATTA, V. **Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto**. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:69-76, 2006.

CARVALHO, E. R., REZENDE, P. M. DE, ANDRADE, M. J. B. DE, PASSOS, A. M. A. DOS, & OLIVEIRA, J. A. (2011). **Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo**. *Revista Ciência Agronômica*, 42(4), 930–939. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400015>

CHAGAS, L. F. B.; CASTRO, H. G.; COLONIA, B. S. O.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS JUNIOR, A. F. **Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis**. *Brazilian Journal of Botany*, São

Paulo-SP, v. 38, n. 4, p. 1-11, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 1 primeiro levantamento, outubro 2023.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRÍGUES, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. **Trichoderma virens, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis**. *Plant Physiology*, United States, v. 149, n. 3, p. 1579–1592, 2009

CRUZ, S. C. S. et al. **Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais**. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2016.

CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. **Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais**. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 3, p. 1-6, 2006.

DE BIOCONTROLE, M., DE, P., DE, C., DE TRICHODERMA, C., CULTURAL, N. A., & SOJA, D. A. (N.D.). Campus de Ilha Solteira **programa de pós-graduação em agronomia-ppga grace queiroz david peres**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/65d723a3-d027-40ce-a830-72339cb57596/content> acesso em: 06/10/2023

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro n. 24, p. 97-138, 2006.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (ED.). **NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS**. 2. ED. [S. L.: S. N.], 2018.

FERREIRA, A. V. F.; SILVA, M. A. P.; CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B. **Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **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, 2007. 80p. (ISSN 1516-781X; n 283).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologia de coinoculação: rizobium e Azospirillum em soja e feijoeiro.** Emprapa soja, 2014.

JI, P., CAMPBELL, H.L.; KLOEPPER, J.W.; JONES, J.B.; SUSLOW, T.V.; WILSON, M. **Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using foliar biological control agents and plant growth-promoting rhizobacteria.** Biological Control, v.36, n.3, p.358-367, 2006

KHARE, E. et al. **Suppression of charcoal rot of chickpea by fluorescent Pseudomonas under saline stress condition.** Current Microbiology, New York, v. 62, p. 1548–1553, 2011.

LAVAKUSHA et al. **Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (Oryza sativa).** Ecological Engineering, Oxford, v. 62, p. 123–128, Jan. 2014

OLIVEIRA, A. G.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. **Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por Trichoderma spp.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012

OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T.; SERON, C. C.; BOLETA, E. H. M.; LIMA, B. H.; SOUZA, L. R. R.; PEDRINHO, D. R.; MATIAS, R.; LOPES, C. S.; OLIVEIRA NETO, S. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Can saline irrigation improve the quality of tomato fruits?** Agronomy Journal, v. 114, n. 2, p. 900-914, 2022.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais.** Campinas, Instituto Agronômico, 285p. 2001

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba, Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. **Melhoramento da soja.** In: BORÉM, A. (ed). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999. p.478-533.

ZUCARELI, C., PRANDO, A., RAMOS JUNIOR, E. U., & NAKAGAWA, J. (2011). **Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas.** Revista Ciência Agronômica, 42(1), 32–38.
<https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100005>