

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA**

**EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE *BACILLUS SUBTILIS* NO
DESENVOLVIMENTO DA SOJA**

LETÍCIA CAROLINA COSTA

SINOP-MT
Fevereiro 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA**

**EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE *BACILLUS SUBTILIS* NO
DESENVOLVIMENTO DA SOJA**

LETÍCIA CAROLINA COSTA

ORIENTADOR: PROF. DR. CASSIANO SPAZIANI

CO-ORIENTADOR: RENAN FRANCISCO RIMOLDI TAVANTI

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
de Mato Grosso, campus de Sinop,
como parte das exigências do Curso
de Agronomia para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

SINOP-MT
Fevereiro 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

C837e Costa, Leticia Carolina.
Efeitos da inoculação de *Bacillus subtilis* no desenvolvimento da
soja / Leticia Carolina Costa. -- 2017
24 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cassiano Spaziani.

Co-orientador: Renan Francisco Rimoldi Tavanti.

TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de
Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop,
2017.

Inclui bibliografia.

1. *Glycine max* L.. 2. Rizobactérias. 3. tratamento de sementes.
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: *Efeito da inoculação de Bacillus subtilis no desenvolvimento da soja.*

ACADÊMICO: *Leticia Carolina Costa*

ORIENTADOR: *Cassiano Spaziani*

CO-ORIENTADOR: *Renan Francisco Dumolou Tavanti.*

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Cassiano Spaziani
Orientador

Renan Tavanti
Membro ou Co-orientador

Ivan Vilela
Membro

DATA DA DEFESA: 07/02/2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Marcos César Costa e Sônia Maria Silva Costa

Minha homenagem, gratidão e amor.

À **Mariana Costa Corsini**

Minha irmã e melhor amiga, minha homenagem, gratidão e amor...

Ao meu namorado **Renan Francisco Rimold Tavanti**, por participar dessa conquista, por todo apoio, amor e dedicação, obrigada por fazer parte dos meus sonhos e ajudar a concretiza-los.

“O carinho é responsável por nove-décimos de qualquer felicidade sólida e durável existente em nossas vidas.”
(C.S. Lewis)

AGRADECIMENTOS

À Deus, dedico o meu agradecimento maior, pois Ele é minha fortaleza e esperança e além da vida eterna, me deu a oportunidade de sonhar e realizar sonhos como esse curso, é para quem dedicarei o restante dos meus dias e tudo que eu fizer.

A Universidade UFMT, pela oportunidade de fazer o curso de Agronomia.

A todos os professores da UFMT, pelo conhecimento transmitido.

Ao Prof. Dr. Cassiano Spaziani pela oportunidade e apoio na realização deste trabalho, pelo incentivo e correções.

Ao meu namorado e co-orientador Renan Rimoldi Tavanti por toda ajuda, apoio e dedicação, obrigada por se dedicar a realização deste trabalho e dos meus sonhos, pela paciência e carinho.

Aos meus pais Marcos César Costa e Sônia M. S. Costa e minha irmã Mariana C. Corsini que sempre estiveram dispostos a ajudar, me incentivaram, intercederam em oração, acreditaram em mim e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

A Tauan Rimoldi Tavanti, por todo seu empenho e dedicação, por ter ajudado na realização desse trabalho e por todo apoio.

Aos meus amigos, Nicole Saraiva, Alyne Gonçalves, Priscila Coutinho, Naiara Rigo, Mariana Gonçalves, Whaila Ribeiro, Isabela Balestrin, Ludmila Goffi, Carolen Piazza, Eduardo Megier e Thiago Candil pelo apoio e pela presença tanto nos bons momentos quanto nos ruins, obrigada pela amizade sincera.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim e contribuíram de alguma forma para esse acontecimento.

Obrigada!

“Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”

(Josué 1:9 - Bíblia Sagrada)

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE TABELAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 A origem e expansão da soja	2
2.2. A região do Cerrado	3
2.3. O agronegócio da soja em Mato Grosso	3
2.4. Rizobactérias	5
2.5. Microrganismos do gênero <i>Bacillus subtilis</i>	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Local do estudo	8
3.2. Delineamento experimental, tratamentos e variáveis analisadas	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Índice de clorofila nas folhas	11
4.2. Avaliações da parte aérea das plantas.....	12
4.3. Avaliações das raízes das plantas.....	13
4.4. Análise de correlação	15
5. CONCLUSÕES	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMO

A aplicação de microrganismos na agricultura pode promover aumento na produtividade da cultura. Os efeitos do uso de inoculantes no crescimento das plantas de soja são amplos, incluem benefícios na viabilidade, germinação de sementes e emergência. Com objetivo de verificar a ação de *Bacillus subtilis* sobre o crescimento de plantas de soja, foram conduzidos 4 experimentos. Dois experimentos foram realizados com a variedade M-8210 e outros dois experimentos com a variedade TMG-132. Um dos experimentos de cada variedade foi avaliado aos 30 dias, e os outros dois experimentos foram avaliados aos 45 dias. Em cada experimento, aplicou-se dois produtos no tratamento de sementes, um contendo a bactéria *Bacillus subtilis* da estirpe pant001 nas doses de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 ml kg⁻¹, mais o tratamento adicional com o fungicida protetor Serenade, que também possui *Bacillus subtilis* na sua formulação, na dose de 0,2 ml kg⁻¹. Avaliou-se o índice de clorofila de três folhas do terço superior, médio e inferior aos 15, 30 e 45 dias em cada planta. Aos 30 e 45 DAS, avaliou-se massa fresca, massa seca da parte aérea, altura de planta, massa fresca de raiz, volume de raiz e massa seca de raiz. Verificou-se que a inoculação de *Bacillus subtilis* incrementou o índice de clorofila das folhas de ambas as variedades, porém a inoculação não surtiu efeito sobre os atributos da parte aérea das plantas. Na variedade TMG-132, houve incrementos na massa fresca das plantas após os 30 DAS e no volume de raiz aos 45 DAS.

Palavras-chave: *Glycine max* L.; rizobactérias; tratamento de sementes;

ABSTRACT

The application of microorganisms in agriculture can promote an increase in crop productivity. The effects of the use of inoculants on the growth of soybean plants are broad, include benefits in viability, seed germination and emergence. In order to verify the action of *Bacillus subtilis* on the growth of soybean plants, 4 experiments were conducted. Two experiments were carried out with the variety M-8210 and two other experiments with the variety TMG-132. One of the experiments of each variety was evaluated at 30 days, and the other two experiments were evaluated at 45 days. In each experiment, two products were applied in the treatment of seeds, one containing the bacterium *Bacillus subtilis* strain pant001 at doses of 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ml kg⁻¹, plus Treatment with the protective fungicide Serenade, which also has *Bacillus subtilis* in its formulation at the dose of 0.2 ml kg⁻¹. The three-leaf chlorophyll index of the upper, middle and lower third was evaluated at 15, 30 and 45 days in each plant. At 30 and 45 DAS, fresh mass, dry shoot mass, plant height, fresh root mass, root volume and root dry mass were evaluated. It was verified that inoculation of *Bacillus subtilis* increased the chlorophyll content of the leaves of both varieties, but inoculation had no effect on the attributes of the aerial part of the plants. In the TMG-132 variety, there were increases in the fresh mass of the plants after 30 DAS and in the root volume at 45 DAS.

Keywords: *Glycine max* L.; rhizobacterium; seed treatment;

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise granulométrica e fertilidade do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na camada de 0-0,20 m de profundidade6
- Tabela 2.** Descrição dos tratamentos.....7
- Tabela 3.** Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias dos índices de clorofila nas folhas de soja aos 15, 30 e 45 dias após semeadura. 10
- Tabela 4.** Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias de fitomassa fresca e seca da parte aérea, e altura de plantas de soja aos 30 e 45 dias após semeadura..... 11
- Tabela 5.** Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias de fitomassa fresca de raiz, fitomassa seca de raiz e volume de raízes de soja aos 30 e 45 dias após semeadura 12
- Tabela 6.** Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos morfofisiológicos da soja, variedade TMG-132 aos 30 e 45 dias após a semeadura 14
- Tabela 7.** Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos morfofisiológicos da soja, variedade M8210 aos 30 e 45 dias após a semeadura 15

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.), uma das oleaginosas mais cultivadas no mundo, é considerada como alimento funcional e fonte de proteína completa por diversos países (EMBRAPA, 2011). A cultura teve expansão no Brasil após a década de 60 (ZANCOPÉ et al., 2005), atualmente é o segundo grão mais produzido no mundo (USDA, 2015).

Com o aumento da demanda mundial por alimentos, alternativas que aumentem a produtividade e reduzam a expansão das fronteiras agrícolas no Brasil, são ações fundamentais na proteção ao meio ambiente. Desta forma, pesquisadores sugerem que a “solução chave” para tais problemas seja a intensificação da produção em áreas já antropizadas (LAL, 2009).

Com isso, o emprego de tecnologias como melhoramento genético de cultivares, formas de manejo do solo, tratos culturais, produção de sementes com qualidade e utilização de microrganismos benéficos (probióticos) para controle de pragas e doenças, podem ser utilizadas para a máxima expressão produtiva das culturas.

A aplicação de microrganismos na agricultura pode promover aumento na produtividade da cultura (PROVENZA e VILLALBA, 2010). Os efeitos do uso de inoculantes no crescimento das plantas são amplos, incluem benefícios na viabilidade, germinação de sementes e emergência (LAZARETTI e BETTIOL, 1997).

Dentre os microrganismos utilizados, os do gênero *Bacillus subtilis* são classificados como rizobactérias, comumente usados no controle biológico de plantas (ASAKA e SHODA, 1996; GARDENER, 2004), são habitantes naturais do solo e podem favorecer a produção de antibióticos (ARAÚJO, 2008; SILVEIRA, 2001; ARAÚJO e HUNGRIA, 1999). A maioria dos trabalhos sobre a influência das rizobactérias no crescimento das plantas atribui tal fenômeno ao efeito protetor contra fitopatógenos secundários do solo (KLOEPPER e SCHROTH, 1981).

Outros estudos atribuem tal promoção de crescimento à melhoria na absorção de nutrientes pelas raízes, resultando em aumento da concentração de nutrientes translocados para as folhas (ARAÚJO, 2008). Araujo e Hungria (1999), em um estudo realizado na Embrapa Soja, Londrina-PR, observaram em campo que

inoculando as sementes de soja com *Bacillus subtilis*, ocorre aumento no número de nódulos radiculares nas plantas.

Tem-se verificado que as rizobactérias possuem potencial para substituir produtos químicos e favorecer a preservação do agroecossistema (SOUZA, 2001; PEIXOTO NETO, 2002), mas existe ausência de dados sobre o comportamento das rizobactérias nas regiões de Cerrado do Centro-Oeste brasileiro, acreditando-se que o desenvolvimento inicial da soja seja favorecido, gerando incrementos nos atributos morfofisiológicos da planta.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de inoculantes a base de rizobactérias *Bacillus subtilis* no desenvolvimento da cultura soja.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A origem e expansão da soja

A soja é uma cultura pertencente à família Fabaceae, sub-família Papilionoideae, originada da China, domesticada em latitudes compreendidas entre 30 e 45°N. Posteriormente, foi disseminada na América do Norte, Europa e América do Sul.

Cunha (2015) aponta que no cenário mundial, a soja é considerada um dos grãos mais produzidos e consumidos nos últimos trinta anos, ficando atrás apenas do trigo, milho e arroz. Mundialmente, no período de 2003 a 2013 o consumo do grão foi de 269,7 milhões de toneladas, aumentando então, 57%.

A produção foi de 284 milhões, sendo assim, aumentou 62% nesse mesmo período. No caso das exportações, atingiu-se o valor de 99,9 milhões de toneladas de soja, sendo o principal destino a China, que recebe 59 milhões de toneladas. 90% dos grãos é destinado ao esmagamento, sendo 80% para farelo e 20% para óleo de soja. (USDA, 2014)

No final do século XIX, a soja foi introduzida ao Brasil e passou a ter importância econômica a partir do sul do país, a cadeia produtiva ultrapassou os limites territoriais expandindo-se aos estados de solo ácido do Centro-Oeste, seguindo em direção ao Norte do país. (CUNHA, 2015)

Segundo a CONAB (2016), a soja é responsável por 57,02% da área cultivada do país, sendo assim considerada principal responsável do aumento absoluto de área, estima-se que o crescimento foi de 3,6% da safra 2014/15 para a de 2015/16, com 32,1 milhões de hectares cultivados para 33,2 milhões. Dentre os maiores produtores de soja do mundo, estima-se que, para safra 2016/17, o Brasil continue como segundo maior produtor, com 103 milhões de toneladas em grãos.

2.2 A região do Cerrado

A região de Cerrado corresponde a 22% do território nacional, com uma área de 2.036.448 km², ocupa o segundo lugar como maior bioma da América do Sul e sua área contínua se estende pelos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal; além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas (IBGE, 2004).

O Cerrado é caracterizado por solos com baixo teor nutricional, está sempre exposto a ciclos periódicos de queimadas e elementos como seca, chuva, sol, ventos; em poucos anos, o solo torna-se inviável para a produção em larga escala (Sousa & Lobato, 2004). Entretanto, apesar dessas condições e principalmente das físicoquímicas do solo do Cerrado, após a utilização de alta tecnologia associada ao uso de técnicas de correção de sua acidez, foi possível a expansão agrícola em alta escala garantindo o expressivo desenvolvimento do agronegócio (Estevam, 2012)

No campo social, resultou na concentração fundiária, o que prejudicou o desenvolvimento da agricultura familiar e reduziu a produção de alimentos (Ferreira & Mendes, 2009). Nesse processo, muitos saberes das tecnologias tradicionais de lavoura perderam-se, assim como alteraram-se as relações socioculturais das populações locais (Diegues, 2000).

2.3. O agronegócio da soja em Mato Grosso

De todos os produtos agropecuários que compõem o agronegócio brasileiro, a cultura da soja despontou em 2014, com crescimento de 16% no Valor Bruto da Produção (VBP), atingindo R\$ 80,2 bilhões. As vendas externas da soja, principal produto da pauta brasileira de exportações, somaram US\$ 31,5 bilhões ao final de 2014, registrando crescimento de 20,26% na comparação com 2013. A dinâmica do complexo da soja consolidou o conceito do agronegócio no Brasil, sendo responsável pela agricultura comercial (IMEA, 2015). A partir da safra 2012/13, de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA, (2014), o Brasil tornou-se o maior exportador de soja do mundo, segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC - (2015), em 2014 o agronegócio teve uma participação de 30% no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, o que significa R\$ 1,17 trilhão. Somente o VBP da agropecuária atingiu R\$ 424,5 bilhões, e contribuiu para 37% dos empregos diretos e indiretos gerados no país. Quanto ao comércio internacional, correspondeu por 40% da pauta de exportações brasileiras, encerrando o ano de 2014 com um montante de US\$ 100,7 bilhões. Desta forma, a exportação de soja em grãos constitui papel importante na economia brasileira e matogrossense, um de cada quatro dólares exportados pelo complexo agroindustrial brasileiro provém da soja (MDIC, 2015). A importância da produção de produtos primários para a economia de Mato Grosso, que basicamente se restringe às commodities agrícolas e que tem no agronegócio da soja sua principal atividade econômica, repercute positivamente nos contextos político, econômico e social, principalmente quando analisados seus aspectos relacionados ao efeito que o setor promove na geração de emprego e renda. Para Figueiredo et al. (2005), quanto à capacidade de geração de empregos na economia, ao atender a demanda final do setor da soja no Mato Grosso a cada R\$ 1 milhão, são gerados 8 empregos diretamente na própria atividade, 31 empregos indiretamente nas demais atividades e 72 empregos quando considerado o efeito induzido pelo consumo das famílias incorporado no sistema. Com relação à capacidade de geração de renda, remunerada pelos salários, Figueiredo et. al. (2012), afirmam que o setor da soja no estado de Mato Grosso, gera um baixo nível de renda diretamente na própria atividade. A cada R\$ 1 milhão proporcionado pela demanda final, gera R\$ 14,00 diretamente na atividade da soja, indiretamente proporciona uma renda de R\$

170,00, e induzida pelo consumo, R\$ 267,00. Este é um forte efeito multiplicador na economia, gerando elevados níveis de renda nas indústrias fornecedoras de insumos às suas produções, o que consiste em importante característica para a economia. Entretanto, o segmento do agronegócio da soja pode afetar a qualidade de vida de uma sociedade para bem ou para mal, por problemas de degradação dos sistemas ambientais e sociais. No entanto, as consequências deste processo no longo prazo são difíceis de quantificar.

2.4. Rizobactérias

De acordo com os efeitos que podem causar nas plantas, os microrganismos do solo são divididos em: prejudiciais, benéficos ou neutros (MELO, 1998). De acordo com Melo (1998), os benéficos simbiotes ou até mesmo não simbiotes podem ocasionar crescimento do vegetal devido a aspectos como o aumento na disponibilidade de nutrientes minerais, podem causar supressão de outros microrganismos que também vivem na rizosfera da planta e atuar no processo de produção de hormônios de crescimento.

Em destaque, os microrganismos benéficos podem ser ou saprófitas de vida livre ou simbiotes, possuindo um efeito benéfico a respeito do desenvolvimento de plantas, podendo atuar em processos biológicos das plantas (MELO, 1998).

Segundo Araujo (2008) *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* e *Rhizobium* são os gêneros de rizobactérias mais estudados. São amplos os efeitos desses microrganismos sobre o desenvolvimento das plantas, incluindo-se efeitos na germinação de sementes, emergência, e crescimento das plantas (LAZARETTI e BETTIOL, 1997).

As Rizobactérias promotoras do crescimento vegetal, tem sua aplicabilidade no controle biológico de pragas e doenças (Figura 1). Habitam a rizosfera das plantas promovendo o seu desenvolvimento por meio de uma série de mecanismo como:

- Produção de fito-hormônios (auxina);
- Solubilização do fosforo no solo;
- Produção de quelantes (sideróforos);
- Metabólicos antimicrobianos;

- Degradam a parede celular de patógenos graças a enzimas líticas;
- Competição por nutrientes;
- Induz resistência sistêmica nas plantas.

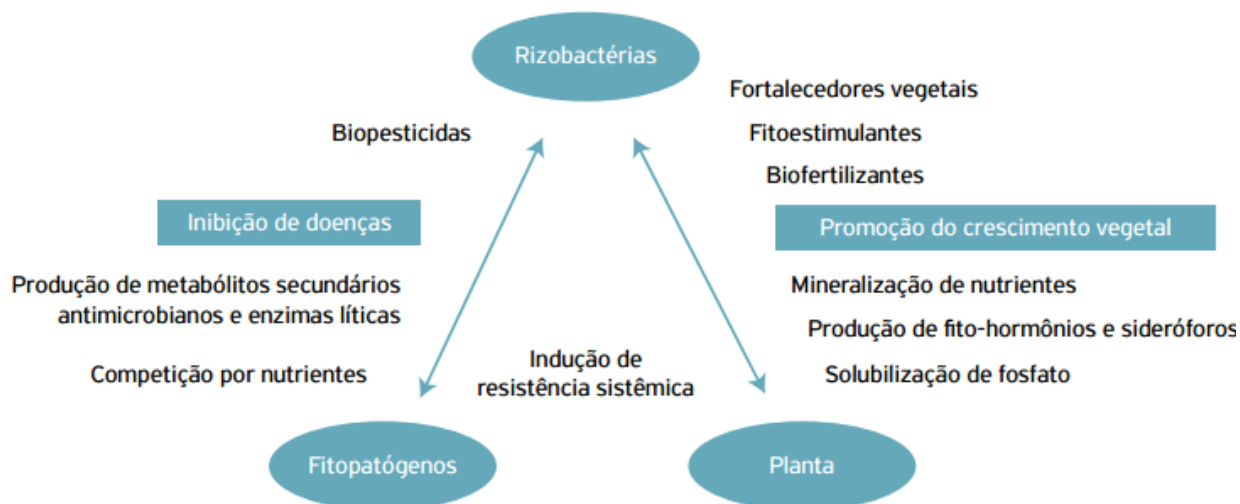


Figura 1. Interações das bactérias endofíticas na promoção do crescimento das plantas e da sanidade vegetal (adaptado; Berg, 2009).

Dentro dos aspectos de agricultura ecologicamente sustentável, o auxílio das rizobactérias é uma excelente estratégia que, no ambiente, pode reduzir resíduos tóxicos, sendo assim, gerou-se o desenvolvimento de estudos na busca de avaliar os benefícios das rizobactérias em diversas espécies vegetais. (ROSENBLUETH e MARTÍNEZ-ROMERO, 2006; JHA et al., 2013).

2.5. Microrganismos do gênero *Bacillus subtilis*

As Rizobactérias promotoras de crescimento das plantas, como por exemplo *Bacillus subtilis*, representam uma importante estratégia em culturas de importância agrícola, pois a utilização da inoculação dessas bactérias pode causar o aumento do crescimento e nutrição do vegetal de uma forma sustentável e econômica. (COSTA,2014)

De acordo com Lanna Filho et al. (2010), a promoção de crescimento que ocorre devido a ação de *B. subtilis* é devido ao aumento da fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes, síntese de fito-hormônios e as condições do solo que

são melhoradas. Além desses aspectos, há os benefícios indiretos causados pela supressão deste ambiente contra os microrganismos maléficos, também pode-se analisar que, a associação benéfica provoca o aumento fisiológico de metabólitos que, por sua vez, facilitar a percepção e absorção de nutrientes, pois podem desencadear a sensibilidade do sistema radicular as condições externas. (MANJULA e PODILE, 2005).

Yoshikawa (1993) Persello-Cartieaux et al. (2003), Araujo et al. (2005) e Tsavkelova et al. (2006) relataram que, através de Isolados de *B. subtilis* foi possível conduzir a regulação hormonal das plantas, controlando assim o crescimento radicular devido a síntese de hormônios como auxina, giberelina e citocinina. Graças a essa promoção de crescimento, em estudos realizados por Manjula e Podile (2005) o *B. subtilis* pode ocasionar uma rápida germinação da semente. Outro estudo que evidenciou as ações da rizobactéria foi conduzido por Araujo (2008), onde sementes de algodão, milho e soja foram expostas a tratamentos onde avaliou-se a ação de bioformulado a base de *B. subtilis* PRBS1 e ocorreu, nos resultados, incremento na emergência das plântulas. Sendo assim, o desenvolvimento acelerado da planta pode condiciona-la a alcançar o estágio adulto com maior velocidade, o que pode favorece-la também no caso de escape contra patógenos que possam estar presentes tanto no solo quanto no ambiente externo, e também, podem promover uma nutrição balanceada, a qual promove as plantas maior resistência a condições abióticas adversas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do estudo

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no município de Sinop, Mato Grosso, nas coordenadas 11°50'53"S e 55°38'57"W, com 380 m de altitude". Na casa de vegetação, a temperatura foi regulada para permanecer a 30°C e a umidade relativa obtida foi de 70%.

Foram utilizados vasos de 8 litros, preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, o solo foi retirado na Univesidade Federal do Mato Grosso, e possuía as características granulométricas e fertilidade na camada de 0-0,20 m, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Análise granulométrica e fertilidade do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na camada de 0-0,20 m de profundidade ⁽¹⁾.

pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO	ARE	SIL	ARG
4,47	1,09	10	0,39	0,07	2,80	3,28	14,89	21,84	510	179	311

⁽¹⁾ pH em CaCl₂; P: fósforo disponível Mehlich-1 (mg dm⁻³), K: potássio Mehlich-1 (mg dm⁻³), Ca: cálcio (cmol_c dm⁻³), Mg: magnésio (cmol_c dm⁻³), H+Al: acidez potencial (cmol_c dm⁻³), T: capacidade de troca catiônica a pH 7 (cmol_c dm⁻³), V: saturação por bases (%), MO: matéria orgânica (g kg⁻¹), ARE: areia (g kg⁻¹), SIL: silte (g kg⁻¹) e ARG: argila (g kg⁻¹).

Após o preenchimento dos vasos, realizou-se a aplicação de calcário dolomítico na dose de 2,26 Mg ha⁻¹, para elevar a saturação por bases à 70%.

Foram utilizadas duas variedades de soja (*Glycine max* L.), uma de ciclo precoce (TMG132RR > 115 dias) e uma super-precoce (M8210IPRO < 115 dias). As sementes foram devidamente tratadas com um produto a base de Fipronil (25 g L⁻¹), Piraclostrobina (225 g L⁻¹) e Metil Tiofanato (225 g L⁻¹), na dose de 2 ml kg⁻¹, para prevenção de ataque de pragas e fungos de sementes no período inicial de desenvolvimento. Posteriormente realizou-se a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 2 mL kg⁻¹ com concentração de 6,0x10⁹ UFC g⁻¹ e Turfa na dose de 8 g kg⁻¹.

Na adubação de implantação das variedades de soja, utilizou-se 300 kg ha do fertilizante 00-18-18, e em cobertura 60 kg ha de KCl, aos 30 dias após semeadura (DAS).

3.2. Delineamento experimental, tratamentos e variáveis analisadas

Foram conduzidos 4 experimentos sendo que, realizou-se dois experimentos com a variedade M-8210 e outros dois, com a variedade TMG-132. Um dos experimentos de cada variedade foi avaliado aos 30 dias, e os outros dois experimentos foram avaliados aos 45 dias. O delineamento realizado foi em blocos casualizados (DBC) com 6 tratamentos e 4 repetições. Aplicou-se (tabela 2) dois produtos no tratamento de sementes, um contendo a bactéria *Bacillus subtilis* da estirpe pant001 nas doses de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 mL kg⁻¹, mais o tratamento adicional com o fungicida protetor Serenade, que também possui *Bacillus subtilis* na sua formulação, na dose de 0,2 ml kg⁻¹, na qual constituiu o T6. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo uma planta.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos

TRATAMENTO 1	0 mL kg ⁻¹ estirpe pant001
TRATAMENTO 2	0,2 mL kg ⁻¹ estirpe pant001
TRATAMENTO 3	0,4 mL kg ⁻¹ estirpe pant001
TRATAMENTO 4	0,6 mL kg ⁻¹ estirpe pant001
TRATAMENTO 5	0,8 mL kg ⁻¹ estirpe pant001
TRATAMENTO 6	0,2 mL kg ⁻¹ Serenade

Avaliou-se o índice de clorofilas de 3 folhas do terço inferior (CLFI), médio (CLFM) e superior (CLFS) do dossel, aos 15, 30 e 45 DAS, com o auxílio de um clorofilômetro clorofiLOG CFL1030 Falker®.

Coletaram-se as plantas dos vasos de 30 dias e mediu-se a altura de plantas (ALT) com o auxílio de uma trena. A parte aérea foi levada ao laboratório onde foi mensurada a fitomassa fresca (FF), Logo após as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura média de 65 °C até atingir a massa constante, obtendo-se a massa seca da parte aérea com os valores em g planta⁻¹.

As raízes das plantas foram retiradas dos vasos juntamente com o solo e através de um processo de lavagem em água corrente foram separadas com o auxílio de uma peneira de 2 mm. Posteriormente, foram secas ao ar e obteve-se a fitomassa fresca de raiz (FFR) e volume de raízes (VR). O VR foi determinado por meio do método de Arquimedes, na qual faz-se a imersão das raízes em um

recipiente volumétrico contendo água. O volume de água deslocado corresponde ao VR em cm^3 (BOUMA et al. 2000).

As raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura média de 65 °C até atingir peso constante. Após, a secagem, foi determinada a fitomassa seca de raiz (FSR), com os valores em g planta⁻¹.

Repetiram-se as determinações dos atributos morfofisiológicos nos vasos aos 45 DAS dos dois outros experimentos, cada um com uma cultivar (TMG 132 e M8210).

As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (1965) à 0,05 de probabilidade. Posteriormente, realizou-se a análise de variância com aplicação do teste F ($p < 0,05$), utilizou-se o teste de Tukey a 0,05 de probabilidade para comparação das medias. foi realizada a análise de correlação de Pearson entre todas as variáveis analisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Índice de clorofila nas folhas

Elevada variabilidade nos índices de clorofila pode ser justificada devido ao desenvolvimento inicial das plantas de soja, que aos 15 DAS ainda se apresentavam em estágio vegetativo 2 (V2) (Tabela 3). O terço inferior, médio e superior das plantas foram representados, nesta avaliação, pelas folhas cotiledonares, primeiras folhas unifoliadas (opostas, no primeiro nó foliar) e primeiro trifólio completamente expandido, respectivamente.

O índice de clorofila das folhas do terço médio foi alterado apenas na variedade TMG-132 que (Tabela 3). Observou-se a maior média do índice nas plantas que foram submetidas ao tratamento de sementes com inoculação de 0,8 ml kg⁻¹ de *Bacillus subtilis* (T5), porém diferindo-se estatisticamente apenas do tratamento com inoculação de 0,2 ml kg⁻¹ de *Bacillus subtilis* (T2). Em relação aos terços superior e inferior, a média geral obtida para o índice de clorofila nas folhas pode representar os tratamentos em sua totalidade.

O índice de clorofila das folhas do terço médio das plantas, aos 30 DAS, de ambas as variedades testadas apresentou diferença significativa entre os tratamentos propostos (Tabela 1). A inoculação das sementes com a dose de 0,8 ml kg⁻¹ de *Bacillus subtilis* (T5), apresentou médias de 40,24 ICF⁻¹ para variedade TMG-132, e 39,23 ICF⁻¹ para variedade M-8210. Na variedade TMG-132 o tratamento na dose de 0,8 (T5), diferiu-se estatisticamente apenas dos tratamentos 1 e 6. Na variedade M-8210, diferiu-se estatisticamente apenas do tratamento na dose de 0,2 ml kg⁻¹ do inoculante Serenade (T6).

Tabela 3. Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias dos índices de clorofila nas folhas de soja aos 15, 30 e 45 dias após semeadura.

Tratamentos ⁽¹⁾	Variedade M-8210 ⁽²⁾			Variedade TMG-132 ⁽²⁾		
	CLFS	CLFM	CLFI	CLFS	CLFM	CLFI
15 DAS						
T1	22,16a	24,55a	26,35a	28,17a	23,65ab	31,74a
T2	26,84a	29,42a	30,44a	22,83a	22,53b	24,79a
T3	32,08a	38,33a	33,06a	23,06a	27,10ab	26,86a
T4	27,97a	30,40a	26,59a	24,29a	30,67a	27,75a
T5	42,38a	27,76a	25,93a	29,53a	24,73ab	28,40a
T6	24,42a	27,68a	27,81a	28,85a	29,25ab	28,93a
CV (%)	35,88	34,68	28,72	19,04	13,54	23,22
F tratamentos	1,89 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,27*	0,50 ^{ns}
F blocos	0,22 ^{ns}	1,58 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,23*	0,95 ^{ns}
30 DAS						
T1	34,93ab	40,12a	39,14a	35,65bc	40,10a	40,29a
T2	37,28ab	39,99a	40,80a	36,15abc	40,69a	42,50a
T3	37,49ab	41,35a	40,39a	39,41ab	41,77a	41,74a
T4	38,44a	41,73a	41,94a	39,00ab	40,92a	42,20a
T5	39,23a	41,07a	41,52a	40,24a	41,86a	41,68a
T6	33,00c	37,96a	39,35a	32,64c	39,24a	39,57a
CV (%)	7,18	5,23	5,96	5,99	3,24	5,03
F tratamentos	3,13*	1,68 ^{ns}	0,87 ^{ns}	6,71*	2,28 ^{ns}	1,22 ^{ns}
F blocos	0,58 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,89*	4,58*	2,06 ^{ns}
45 DAS						
T1	37,31a	40,02a	38,37c	37,13a	41,20a	37,55a
T2	36,76a	42,48a	40,48abc	37,55a	42,07a	37,13a
T3	37,66a	44,45a	45,68a	41,33a	43,08a	41,33a
T4	39,61a	42,65a	43,85ab	41,17a	43,94a	31,17a
T5	39,90a	43,46a	43,63abc	32,46a	32,20a	32,46a
T6	37,04a	40,38a	39,60ab	40,10a	41,22a	40,10a
CV (%)	6,55	4,83	5,50	23,60	22,00	24,10
F tratamentos	0,75 ^{ns}	1,95 ^{ns}	6,33*	0,55 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,88 ^{ns}
F blocos	0,58 ^{ns}	4,70*	1,69 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,96 ^{ns}

⁽¹⁾ CV: coeficiente de variação (%); ⁽²⁾ CLFS: índice de clorofila nas folhas do terço superior da planta (ICF⁻¹), CLFM: índice de clorofila nas folhas do terço médio da planta (ICF⁻¹), e CLFI: índice de clorofila nas folhas do terço inferior da planta (ICF⁻¹); * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

Aos 45 DAS, o índice de clorofila do terço inferior da variedade M-8210 apresentou diferença significativa entre os tratamentos propostos. A inoculação de sementes com a dose de 0,4 ml kg⁻¹ da *Bacillus subtilis* pant001 apresentou média de 45,68 ICF⁻¹ para a variedade M-8210, porém diferiu-se estatisticamente apenas do tratamento 1.

4.2. Avaliações da parte aérea das plantas

Quanto aos atributos da parte aérea das plantas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos propostos nas duas variedades testadas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias de fitomassa fresca e seca da parte aérea, e altura de plantas de soja aos 30 e 45 dias após semeadura.

Tratamentos ⁽¹⁾	Variedade M-8210 ⁽²⁾			Variedade TMG-132 ⁽²⁾		
	FF	FS	ALT	FF	FS	ALT
30 DAS						
T1	12,94a	2,61a	43,25 ^a	13,43a	2,42a	43,50a
T2	14,73a	2,65a	46,37 ^a	13,89a	2,85a	44,75a
T3	15,42a	2,79a	48,81 ^a	12,38a	2,40a	48,37a
T4	16,89a	3,01a	49,37 ^a	14,72a	2,83a	43,12a
T5	13,07a	2,28a	50,37 ^a	13,88a	2,62a	48,56a
T6	14,18a	2,64a	43,12 ^a	12,52a	2,48a	44,75a
CV (%)	15,32	16,58	16,72	16,05	16,69	13,85
F tratamento	1,80 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,57 ^{ns}
F blocos	5,95 [*]	1,69 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,29 ^{ns}
45 DAS						
T1	22,95a	5,21a	90,33 ^a	26,03a	6,43a	75,62a
T2	21,38a	6,07a	71,00a	26,83a	6,28a	88,50a
T3	20,19a	5,48a	83,75 ^a	26,75a	6,55a	101,25a
T4	24,11a	5,99a	86,50 ^a	25,67a	6,21a	91,12a
T5	21,75a	6,21a	83,50 ^a	21,9a	6,71a	105,75a
T6	24,63a	6,14a	92,12 ^a	23,43a	6,38a	91,50a
CV (%)	16,39	12,95	21,79	30,70	16,46	27,55
F calculado	0,54 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,68 ^{ns}
F blocos	2,98 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}

⁽¹⁾ CV: coeficiente de variação (%); ⁽²⁾ FF: fitomassa fresca da parte aérea (g planta⁻¹), FS: fitomassa seca da parte aérea (g planta⁻¹), ALT: altura de plantas (cm); * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

Os resultados corroboram com os de Araújo (2008), na qual utilizando farinha de ostras e *Bacillus subtilis* estirpe PRBS-1 (ARAUJO et al., 2005) na inoculação de sementes de soja, não observou diferença significativa no acúmulo de matéria seca da parte aérea e altura de plantas.

4.3. Avaliações das raízes das plantas

Não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos propostos para as variáveis FFR, FSR e VR da variedade M-8210 (Tabela 5). Porém, o fator bloco foi significativo para FFR aos 30 DAS, e FFR e VR aos 45 DAS.

Quanto a variedade TMG-132, o tratamento de sementes com inoculação de 0,4 ml kg⁻¹ de *Bacillus subtilis* (T2), apresentou a maior média de incremento de FFR aos 30 DAS, com 8,75 g planta⁻¹. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

Aos 45 DAS, observa-se maior incremento no VR das plantas inoculadas com de 0,8 ml kg⁻¹ de *Bacillus subtilis* (T5), na qual apresentou média de 15,50 cm³. Entretanto, este tratamento diferiu-se estatisticamente apenas da testemunha (T1).

Estes resultados corroboram com um estudo realizado por Jaizme-Veja et al. (2004), na qual observou que cultivares de banana após serem inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus spp.*, apresentaram aumento significativo na massa total de plantas e comprimento de raízes, o que resultou em melhorias no estágio inicial de desenvolvimento da cultura, aumentando a viabilidade das plantas.

Tabela 5. Valores de F calculados, coeficiente de variação e médias de fitomassa fresca de raiz, fitomassa seca de raiz e volume de raízes de soja aos 30 e 45 dias após semeadura.

Tratamentos ⁽¹⁾	Variedade M-8210 ⁽²⁾			Variedade TMG-132 ⁽²⁾		
	FFR	FSR	VR	FFR	FSR	VR
30 DAS						
T1	3,59a	1,01a	8,50a	5,30b	0,90a	9,00a
T2	4,78a	1,04a	11,00a	8,75a	0,99a	11,25a
T3	6,52a	0,65a	10,75a	5,02b	0,93a	10,75a
T4	2,86a	0,98a	10,25a	5,41b	0,82a	10,50a
T5	2,44a	1,10a	11,00a	5,20b	0,63a	12,50a
T6	6,12a	1,08a	9,75a	4,53b	1,52a	10,50a
CV (%)	60,58	36,54	24,54	25,10	59,35	26,93
F tratamento	1,63 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,59 ^{ns}	4,53*	1,19 ^{ns}	0,62 ^{ns}
F blocos	2,55*	2,36 ^{ns}	1,33 ^{ns}	10,69*	1,28 ^{ns}	1,06 ^{ns}
45 DAS						
T1	7,19a	4,31a	15,33a	6,35a	4,16a	10,75b
T2	4,19a	2,83a	15,50a	7,12a	5,46a	12,75ab
T3	5,27a	3,76a	13,50a	6,48a	5,02a	14,25ab
T4	6,76a	3,70a	16,50a	6,31a	4,84a	12,00ab
T5	4,16a	3,55a	13,75a	7,61a	6,01a	15,50a
T6	9,02a	5,79a	14,25a	7,18a	5,52a	13,25ab
CV (%)	48,16	38,12	14,51	31,21	32,55	14,07
F calculado	1,68 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,58 ^{ns}	3,29*
F blocos	2,47*	1,46 ^{ns}	7,00*	0,77 ^{ns}	0,27 ^{ns}	4,24*

⁽¹⁾ CV: coeficiente de variação (%); ⁽²⁾ FFR: fitomassa fresca de raiz (g planta⁻¹); FSR: fitomassa seca de raiz (g planta⁻¹); VR: volume de raízes (cm³); * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 0,10 de probabilidade; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si.

Oliveira et al. (2016), avaliando o crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes após inoculação com *Bacillus subtilis*, constataram aumento no

comprimento de plântulas e comprimento de raízes primárias de plântulas. Os autores atribuíram tal resultado ao aumento na produção de fitohormônios pelas plantas.

Frente aos resultados do presente estudo, sugere-se que as formulações propostas contendo *Bacillus subtilis*, podem ser recomendadas para realização de ensaios de campo, visando com isso, a confirmação dos resultados obtidos em casa de vegetação.

Tendo-se em vista que o uso de inoculantes a base de *Bacillus subtilis* promove uma gama de benefícios para a soja, as bactérias promotoras de crescimento vegetal podem tornar-se um recurso tecnológico essencial para melhorar o rendimento agrícola produtivo e ainda contribuir para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas de cultivo a longo prazo, aliando produtividade e proteção ambiental.

4.4. Análise de correlação

As matrizes de correlação linear entre os atributos avaliados das variedades TMG-132 e M-8210, estão apresentadas na Tabela 6 e 7, respectivamente. Observou-se moderada correlação positiva, $0,5 < p\text{-valor} < 0,7$ entre as variáveis FFR x FSR, CLFS x CLFM e CLFS x CLFI, com respectivos coeficientes de Pearson de 0,50, 0,55 e 0,51 aos 30 DAS da variedade TMG-132 (Tabela 6).

A CLFM e CLFI apresentou forte correlação positiva, $p\text{-valor} > 0,7$ na avaliação de 30 DAS, indicando que as alterações fisiológicas nas folhas do terço médio da planta também são refletidas nas folhas do seu terço inferior. Estes resultados indicam que apesar do experimento ter conduzido em casa de vegetação, sob condições de ambiente controlado, o controle da luminosidade incidente sobre a planta pode ter influência direta na sua concentração de clorofila.

Aos 45 DAS, observa-se forte correlação linear positiva entre as variáveis FFR x FSR e FF x FS, e moderada para FSR x VR, FS x FSR e FF x ALT. Com isso, quanto maior for a fitomassa das raízes, maior será o seu volume e a fitomassa da parte aérea das plantas, com isso, a altura da planta também poderá ser maior.

Em relação a variedade M-8210, observa-se aos 30 DAS forte correlação linear entre as variáveis FF x FS, CLFS x CLFM e CLFM x CLFI, com coeficientes de Pearson de 0,82, 0,70 e 0,80, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos morfofisiológicos da soja, variedade TMG-132 aos 30 e 45 dias após a semeadura.

TMG-132 ⁽¹⁾	FFR	FSR	VR	FF	FS	CLFS	CLFM	CLFI
30 DAS								
FSR	0,50*	1	-	-	-	-	-	-
VR	0,28	0,36	1	-	-	-	-	-
FF	0,04	0,08	0,02	1	-	-	-	-
FS	-0,24	-0,36	0,19	0,47*	1	-	-	-
CLFS	-0,24	-0,18	0,01	0,29	0,17	1	-	-
CLFM	-0,31	-0,41*	0,06	-0,15	0,04	0,55**	1	-
CLFI	-0,14	-0,12	0,14	0,01	0,10	0,51*	0,73**	1
ALT	-0,25	0,03	0,33	0,21	0,09	0,26	0,26	0,15
45 DAS								
FSR	0,87**	1	-	-	-	-	-	-
VR	0,41*	0,56**	1	-	-	-	-	-
FF	0,32	0,45*	0,22	1	-	-	-	-
FS	0,47*	0,55**	0,24	0,90**	1	-	-	-
CLFS	-0,09	0,13	0,28	0,29	0,28	1	-	-
CLFM	-0,05	-0,02	0,16	0,20	0,09	0,43*	1	-
CLFI	0,26	0,41	0,39	0,45*	0,40	0,27	0,42*	1
ALT	-0,02	0,16	0,24	0,55**	0,48*	0,23	0,30	0,41

⁽¹⁾ FFR: fitomassa fresca de raiz; FSR: fitomassa seca de raiz; VR: volume de raízes; FF: fitomassa fresca da parte aérea; FS: fitomassa seca da parte aérea; CLFS: índice de clorofila nas folhas do terço superior da planta, CLFM: índice de clorofila nas folhas do terço médio da planta, e CLFI: índice de clorofila nas folhas do terço inferior da planta; * significativo a 0,05 de probabilidade e ** significativo a 0,01 de probabilidade.

A ALT correlacionou-se de forma moderada e positiva com os atributos FF, FS, CLFM e CLFI, com respectivos coeficientes de 0,57, 0,52, 0,65 e 0,65 (Tabela 7). Estes resultados indicam que os acúmulos de fitomassa na parte aérea das plantas e elevados teores de clorofila nas folhas dos terços médio e inferior tendem a proporcionar plantas mais altas.

Os atributos CLFS, CLFM e CLFI apresentaram moderada correlação positiva com a FSR (Tabela 7). Com isso, plantas que apresentaram maior acúmulo de fitomassa seca nas raízes obtiveram elevados teores clorofila nas folhas de seu terço médio e superior.

Observa-se forte correlação positiva aos 45 DAS, entre as variáveis FFR x FSR e FS x FF, e moderada entre FSR x VR, FF (Tabela 7). Estes resultados indicam que o incremento de fitomassa nas raízes gera maior volume, contribuindo para o acúmulo de fitomassa na parte aérea das plantas.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos morfofisiológicos da soja, variedade M-8210 aos 30 e 45 dias após a semeadura.

M-8210 ⁽¹⁾	FFR	FSR	VR	FF	FS	CLFS	CLFM	CLFI
30 DAS								
FSR	0,60**	1	-	-	-	-	-	-
VR	0,08	0,13	1	-	-	-	-	-
FF	0,28	0,13	0,19	1	-	-	-	-
FS	0,21	0,27	0,24	0,82**	1	-	-	-
CLFS	0,33	0,53**	0,19	0,02	-0,04	1	-	-
CLFM	0,48*	0,60**	0,12	0,26	0,35	0,70**	1	-
CLFI	0,51*	0,54**	0,13	0,12	0,12	0,60**	0,80**	1
ALT	-0,17	-0,23	0,11	0,57**	0,52**	0,40	0,65**	0,65**
45 DAS								
FSR	0,79**	1	-	-	-	-	-	-
VR	0,53**	0,78**	1	-	-	-	-	-
FF	0,37	0,49*	0,35	1	-	-	-	-
FS	-0,04	0,07	0,01	0,55**	1	-	-	-
CLFS	0,17	0,26	0,13	-0,07	-0,06	1	-	-
CLFM	-0,15	0,59*	0,44	0,09	-0,01	0,39	1	-
CLFI	-0,29	0,68**	0,60*	-0,06	0,24	0,31	0,57*	1
ALT	-0,08	0,05	0,00	0,00	0,29	0,14	-0,35	0,03

⁽¹⁾ FFR: fitomassa fresca de raiz; FSR: fitomassa seca de raiz; VR: volume de raízes; FF: fitomassa fresca da parte aérea; FS: fitomassa seca da parte aérea; CLFS: índice de clorofila nas folhas do terço superior da planta, CLFM: índice de clorofila nas folhas do terço médio da planta, e CLFI: índice de clorofila nas folhas do terço inferior da planta; * significativo a 0,05 de probabilidade e ** significativo a 0,01 de probabilidade.

Semelhante aos resultados obtidos nos 30 DAS, a FSR apresentou moderada correlação positiva com o CLFM e CLFI, com coeficientes de Pearson de 0,59 e 0,68, respectivamente. Desse modo, observa-se também correlação positiva entre os atributos VR e CLFI, confirmando o efeito favorecedor do teor de clorofila em relação ao desenvolvimento de raízes das plantas.

A clorofila é um indicador de adaptabilidade e crescimento das plantas em diversos ambientes (ENGEL e POGGIANI, 1991). No estágio V2, as plantas ao sofrerem um estresse têm uma grande redução nos teores de clorofila, sendo que somente são restabelecidos aos teores normais cerca de 45 dias após o estresse, momento em que a planta já se encontra em período reprodutivo. Thomas (2004) observou que a redução nos teores de clorofila em soja compromete seu desenvolvimento nos estágios finais, influenciando na sua produtividade.

Os resultados obtidos estão de acordo com Backman (1995) e Luz (1996), na qual a inoculação de *Bacillus subtilis* em soja foi capaz de estimular o desenvolvimento das plantas. Os autores atribuíram tal efeito ao controle de patógenos.

Outro aspecto relevante a considerar é a supressão de rizobactérias no solo, que ocorre após sucessivas inoculações durante vários anos nas culturas. Este efeito antagonista na área pode gerar, em longo prazo, um aumento da concentração das rizobactérias, tornando o solo supressivo a diversos patógenos. Além disso, a introdução via semente pode colaborar no controle de nematides para a soja, que segundo Araujo e Silva (1996), tem controlado o nematoide do cisto, *Heterodera glycines*.

5. CONCLUSÕES

A inoculação de *Bacillus subtilis* proporciona incrementos no índice de clorofila das folhas de ambas as variedades testadas, desde os 15 dias após a semeadura.

Não houve efeito da inoculação sobre os atributos da parte aérea das plantas.

A inoculação de *Bacillus subtilis* na variedade TMG-132, proporcionou incrementos na fitomassa fresca e volume de raízes das plantas após os 30 dias.

As doses de formulação testada contendo a estirpe Pant001 de *Bacillus subtilis* podem ser recomendadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.456-462, 2008.

ARAUJO, F. F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v.21, p.1639-1645, 2005.

ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. A. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1633-1643. 1999.

ARAÚJO, F.F.; SILVA, F.J.V. Controle biológico do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) através de *Bacillus subtilis*. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 5., Foz do Iguaçu, 1996. **Anais. EMBRAPA/CNPSoja**, 1996. p.126.

ASAKA, O.; SHODA, M. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping off of tomato with *Bacillus subtilis* RB14. **Applied and Environmental Microbiology**, v.62, p.4081-4085, 1996.

BACKMAN, P.A. Development and commercialization of *Bacillus subtilis* (GBO3) as a rhizosphere inoculant. *European Journal of Plant Pathology*, (In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS), 13. The Hague, 1995. Kluwer Academic, **Abstracts**. 1995. Abstract 27.

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

BOUMA, T. J.; NIELSEN, K. L.; KOUTSTAAL, B. A. S. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and soil**, v.218, n.1, 185-196, 2000.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de produção de grãos**. 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J. A.; NOBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.1678-1689, 2014.

CUNHA, R. C.; ESPÍNDOLA, C. J. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v.11, n. 1, 2015.

DIEGUES, A. C. (Org.). **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. MMA/COBIO/NUPAUB/USP, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2001/2002**. Embrapa Soja, 2001.

ESTEVAM, L. A.; JR, P. B. C. **Caminhando nos trilhos da ocupação econômica de Goiás**. 2012.

FIGUEIREDO, M. G.; BARROS, A. L. M.; GUILHOTO, J. J. M. **Relação Econômica dos setores agrícolas do Estado do Mato Grosso com os demais setores pertencentes tanto ao Estado quanto ao restante do Brasil**. Rev. Econ. Sociol. Rural, v. 43, n. 3, p. 557-575, set. 2005

GARDENER, B. B. M. Ecology of Bacillus and related genera: the aerobic endospore forming bacteria. **Phytopathology**, v.94, p.1245-1248, 2004.

IMEA. **Instituto Mato-grossense de Economia e Agropecuária**. Disponível em: . Acesso em: 10 ago. 2015.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Mapa de Biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000. 2004. Acesso em 12 fev. 2017

JAIZME-VEJA, M. D. C.; RODRÍGUEZ- ROMERO, A. S.; GUERRA, M. S. P. Potential use of rhizobacteria from the *Bacillus* genus to stimulate the plant growth of micropropagated bananas. **Fruits**, v.59, p.83-90, 2004.

JHA, P.N.; GUPTA, G.; JHA, P.; MEHROTRA, R. Association of rhizospheric/endophytic bacteria with plants: A potential gateway to sustainable agriculture greener. **Journal of Agricultural Sciences**, v.3, n.2, p.73-84, 2013.

KLOPPER, J. W.; SCHORTH, M. N. Plant growth promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. **Phytopathology**, Saint Paul, v.71, p.642-644, 1981.

LAL, R. Sequestering carbon in soils of arid ecosystems. **Land Degradation and Development**, v.20, n.4, p.441–454, 2009.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica**. v.4, n.2, p.12-20, 2010.

LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, v.54, p.89-96, 1997.

LUZ, W.C. Efeito de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas em trigo e em milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.434, 1996.

MANJULA, K.; PODILE, A. R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.

MELO I. S. **Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura**. In: MELO, I. S., de AZEVEDO, J. L. Ecologia Microbiana. Embrapa CNPMA, p.87-116, 1998.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC - **Secretaria de Comércio Exterior (SECEX)**. Sistema aliceweb (alicesweb), 2014. Disponível em: < <http://www.mdic.gov.br> >. Acesso em: 12 fev. 2017

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; MARCIANO, T. Y. F.; PROENÇA, M. E. S. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.10, n.4, p.439-448, 2016.

PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.29, p.62-77, 2002.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME L.; ROBAGLIA, C. Tales from the underground: Molecular plant-rhizobacteria interactions. **Plant Cell and Environment**, v.26, p.186–199, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Fealq. 2002. 309p.

PROVENZA, F. D.; VILLALBA, J. J. The role of natural plant products in modulating the immune system: an adaptable approach for combating disease in grazing animals. **Small Ruminant Research**, v.89, n.2, p.131-139, 2010.

ROSENBLUETH, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. **MPMI**, v.19, n.8, p.827-837, 2006.

SILVEIRA, E. B. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças**. In: MICHEREFF, S.J.; BARROS, R. Proteção de plantas na agricultura sustentável. UFRPE, Imprensa Universitária. p.70-100. 2001.

SOUZA, M. L. Utilização de microrganismos na agricultura. **Biotecnologia**, , n.21, p.28-31, 2001.

TSAVKELOVA, E.A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A Review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.42, p.117–126, 2006.

USDA. UNITED STATES. Department of Agriculture. **Market and trade data. 2015.** Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psd-Query.aspx>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

USDA. UNITED STATES. Department of Agriculture. **Market and trade data. 2014.** Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psd-Query.aspx>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

YOSHIKAWA, M. Succinic and lactic acids as plant growth promoting compounds produced by rhizosphere *Pseudomonas putida*. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.39, p.1150-1154, 1993.

ZANCOPE, G. J.; NASSER, J. M.; de MORAES, M. V. P. **O Brasil que deu certo: A saga da soja brasileira.** Curitiba: Triade. 2005.