



**JOÃO LUCAS ZAIA SANCHES**

**DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE CANA-DE-  
AÇÚCAR APÓS INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS  
SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO**

**LAVRAS – MG  
2021**

**JOÃO LUCAS ZAIA SANCHES**

**DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR APÓS  
INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Ms Flávia Reis Sales  
Co-orientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

**JOÃO LUCAS ZAIA SANCHES**

**DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR APÓS  
INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO**

**DEVELOPMENT OF SUGARCANE VARIETIES AFTER INOCULATION WITH  
PHOSPHATE SOLUBILIZING BACTERIA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de bacharel.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Dr. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX UFLA

Dr. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX UFLA

Dr. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX UFLA

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Ms Flávia Reis Sales  
Co-orientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelo dom da vida, por me guiar, iluminar meus passos e pela oportunidade de poder fazer o bem na Terra.

Também gostaria de agradecer aos meus pais, Gerson Claudio Sanches e Adriana Maria Zaia Sanches, vocês são meus exemplos de vida e estar onde estou hoje só foi possível graças a todo empenho e dedicação de vocês dois.

Gostaria de agradecer a minha irmã, Marina Maria Zaia Sanches, por todo apoio e orientação, você foi a minha inspiração para dedicação nos estudos e nas atividades curriculares. Gostaria de agradecer aos meus avós, João Claudio Sanches, Antônia Aparecida Bardini Sanches (*in memoriam*), Paulo Zaia e Maria Aparecida Zanardo Zaia por todos os ensinamentos.

Aos meus amigos de Lavras - MG e de Sertãozinho - SP e aos meus companheiros de república.

A minha namorada Jéssica Cassiana Trindade por todo companheirismo e cumplicidade.

Ao meu orientador Professor Doutor Guilherme Vieira Pimentel, pelos ensinamentos, paciência e por ser um exemplo de profissional.

A UFLA – Universidade Federal de Lavras por dar todo apoio e suporte necessário para realização dessa tese e para a concretização da minha graduação.

Ao NECANA – Núcleo de Estudos em Cana-de-açúcar e a Terra Júnior Consultoria Agropecuária por todos os ensinamentos e incentivos.

Enfim, a todos que participaram dessa conquista!

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

O Brasil é um país formado por solos tropicais, que apresentam grande retenção de fósforo. Estudos pertinentes apontam que a maior parte do fósforo aplicado na agricultura em forma de fertilizante inorgânico fica adsorvido no solo. Dessa maneira, se faz necessário o aprendizado visando manejar e reciclar esse nutriente de forma mais eficiente. O autor objetivou com o presente trabalho avaliar a capacidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB) em aumentar o crescimento e acúmulo de biomassa nas variedades de cana-de-açúcar cultivadas com o fosfato de rocha Bayóvar (BRP). O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 4$ , com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu de três variedades de cana-de-açúcar: SP80-1842; RB867515; CTC 9003. Com o uso de quatro variáveis de fósforo: inoculação dos toletes (estirpe UFLA0310 do gênero *Paenebacillus Kribbensis*) + fosfato de rocha Bayóvar, Bayóvar (sem inoculação), controle positivo (com adubação fosfatada mineral – Super Triplo) e o controle absoluto (sem nenhuma fonte de fósforo, apenas o fósforo, denominada Legacy). As avaliações realizadas foram do índice relativo de clorofila através do uso do SPAD, altura final das plantas, 91 dias após o plantio, índice de velocidade de brotação e pesagem de massa seca de raiz e parte aérea das plantas. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F, seguida da aplicação de teste de Scott-Knott (5%) para comparação das variáveis. Concluiu-se que as metodologias aplicadas foram promissoras para o crescimento das culturas da cana-de-açúcar nas variedades avaliadas e com o uso da estirpe UFLA0310 (B1) o plantio apresentou a brotação do 8º dia de plantio, comparado ao controle absoluto que apresentou o índice de brotação de 15 dias, garantindo o aumento da matéria seca da planta.

**Palavras-chave:** solubilização do fósforo, *Saccharum* spp.; inoculação.

## ABSTRACT

Brazil is a country formed by tropical soils, which have high phosphorus retention. Relevant studies indicate that most of the phosphorus applied in agriculture in the form of inorganic fertilizer is adsorbed on the soil. Thus, it is necessary to learn to manage and recycle this nutrient in a more efficient way. The author aimed at evaluating the capacity of phosphate solubilizing bacteria (PSB) to increase the growth and accumulation of biomass in sugarcane varieties grown with Bayóvar rock phosphate (BRP). The experiment was carried out in a greenhouse at the Soil Science Department of the Federal University of Lavras, conducted in a completely randomized design, in a  $3 \times 4$  factorial scheme, with four replications. The first factor corresponded to three varieties of sugar cane: SP80-1842; RB867515; CTC 9003. Using four phosphorus variables: inoculation of the specimens (strain UFLA0310 of the genus *Paenibacillus Kribbensis*) + rock phosphate Bayóvar, Bayóvar (without inoculation), positive control (with mineral phosphate fertilizer - Super Triple) and absolute control (without any source of phosphorus, only phosphorus, called Legacy). The evaluations performed were of the relative index of chlorophyll through the use of SPAD, final height of the plants, 91 days after planting, sprouting speed index and weighing of dry mass of root and aerial part of the plants. The data obtained were submitted to the F test, followed by the application of the Scott-Knott test (5%) to compare the variables. It was concluded that the applied methodologies were promising for the growth of the sugarcane cultures in the evaluated varieties and with the use of the strain UFLA0310 (B1) the planting presented the sprouting of the 8th day of planting, compared to the absolute control presented the sprouting index of 15 days, guaranteeing an increase in the dry matter of the plant.

**Keywords:** phosphorus solubilization, *Saccharum* spp .; inoculation.

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1</b>	Percentual de brotação sobre os dias após o plantio em diferentes tratamentos.....	20
-----------------	--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Caracterização dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo típico (LVA), da camada de 0-20 cm.....	17
<b>Tabela 2</b>	Teste de média entre as cultivares e fontes de fósforo.....	19
<b>Tabela 3</b>	Altura (cm) das plantas em diferentes tratamentos.....	21
<b>Tabela 4</b>	Teste de massa seca da parte aérea (MSPA) (g).....	21
<b>Tabela 5</b>	Teste de massa seca de raiz (MSR) (g).....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Importâncias da cana-de-açúcar .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Fósforo (P) no solo .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Bactérias solubilizadoras de Fósforo (P) .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Descrição do local de realização .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Condução do experimento .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Características avaliadas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é considerada uma das grandes atividades do agronegócio brasileiro, possuindo elevada importância econômica e social, gerando inúmeros empregos formais e informais, sendo uma cultura com grande potencial de diversificação de matéria-prima para a produção de alimentos, bebidas e fontes energéticas como: bioenergia e biocombustíveis (UDOP, 2014).

E para atingir altas produtividades a cultura da cana-de-açúcar requer grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, devido as características dos solos em que são cultivadas (SIMÕES NETO et al., 2009), sendo este elemento um dos mais limitantes para produção e desenvolvimento dos vegetais e mesmo se adicionado como fertilizante químico em solos muito intemperizados, pode acabar se tornando rapidamente indisponível para as plantas e para a microbiota do solo. (GYANESHWAR et al., 2002; CANBOLAT et al., 2006).

O uso em larga escala desses fertilizantes para aumento da produção e suprimento, as demandas nacionais e internacionais geram preocupações quanto aos impactos ambientais que essas aplicações excessivas podem causar (CHERUBIN et al., 2015). No Brasil, é evidente a presença de solos altamente intemperizados, e grande parte do fósforo aplicado é rapidamente adsorvido pelos coloides do solo, deixando-os indisponível para as plantas (FINK et al., 2016). Além de grande parte da aplicação do fósforo ficar adsorvida no solo, podendo ser estimado em torno de 75% do conteúdo aplicado (LIN et al., 2005) ocorre o desgaste ambiental e importe econômico para o produtor, visto que os fertilizantes fosfatados são de elevado custo. Atualmente, temos uma alta dependência do mercado externo para obter suprimentos a fim de produzir grande parte dos alimentos, cerca de 50% dos fertilizantes fosfatados utilizados no Brasil são importados, o que compromete parte da sustentabilidade da agricultura (BRASIL, 2009). Além de que as fontes fosfáticas (apatitas) podem ser esgotadas (ROY et al., 2016).

Nesse sentido, estudos foram realizados apontando que o uso de microrganismos consiste numa importante estratégia para melhorar a eficiência no aproveitamento de P do solo pelas plantas, de uma maneira mais ecologicamente correta e sustentável (KHAN et al., 2007).

Os microrganismos solubilizadores de fosfato aliados ou não a outros microrganismos benéficos do solo, podem aumentar a taxa de crescimento das plantas (CHABOT et al., 1993; KIM et al., 1998; SINGH; KAPOOR, 1999), por apresentarem a capacidade de solubilização

de fosfatos existentes no solo ou adicionados na forma de fertilizantes (WHITELAW, 2000; RICHARDSON, 2009). de crescimento vegetal (MEDINA et al., 2006; KHAN et al., 2007; RICHARDSON, 2009; VASSILEVA et al., 2010).

Portanto, para que as culturas consigam alcançar o máximo de desempenho possível, as condições necessárias, tanto bióticas como abióticas, sendo muitas vezes necessária a transição do manejo convencional para manejos mais sustentáveis, especialmente aqueles que promovam melhor reaproveitamento do P presente no solo (WITHERS et al., 2018). Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a capacidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB) em aumentar o crescimento e acúmulo de biomassa nas variedades de cana-de-açúcar cultivadas com o fosfato de rocha Bayóvar (BRP).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importâncias da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma espécie de gramínea, pertencente ao gênero *Saccharum*, típica de clima tropical úmido, com metabolismo C4 (elevada taxa fotossintética), e pertencente à família Poaceae. A espécie *S. officinarum* é proveniente da Polinésia e foi disseminada para várias regiões do mundo (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011). O gênero na qual ela faz parte é composto por mais de 30 espécies com dois centros de origem distintos: o Velho Mundo (Ásia e África) e o Novo Mundo (América do Norte, Central e do Sul) (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

No Brasil, a cana-de-açúcar foi introduzida no período colonial e teve uma excelente adaptação devido às condições edafoclimáticas aqui presentes, foi à primeira cultura plantada em larga escala pelos portugueses para a produção de açúcar com o intuito da comercialização no mercado externo. Atualmente o Brasil é o maior produtor do mundo em cana-de-açúcar e se tornou uma das culturas mais importantes da cultura brasileira (LUCCHETTI et al., 1995) e, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a safra 2020/2021 deve colher 630,7 milhões de toneladas, um volume 1,9% menor em relação à safra 2019/20, que foi de 642.717,8 (CONAB/BRASIL, 2020). As principais regiões produtoras são o Sudeste (64,57 % da produção), Centro-Oeste (21,85%) e Nordeste (7,64%) (CONAB/BRASIL, 2020).

Seguindo a tendência visualizada nas últimas safras, a primeira estimativa de área em produção de cana-de-açúcar da temporada 2020/21 aponta para redução na área colhida em comparação ao exercício anterior. São esperados cerca de 8.406,7 mil hectares destinados à moagem do vegetal nesse ciclo, indicando pequena diminuição de 0,4% em relação a 2019/20. (CONAB/BRASIL, 2020).

A produção de cana-de-açúcar é voltada para geração de sacarose e energia, do qual é vinculada três importantes produtos da agroindústria, como o açúcar, etanol e aguardente (OMETTO, 2000). A estimativa para produção de etanol é de cerca de 29,3 bilhões de litros, redução de 13,9% em comparação à safra passada, que foi recorde. Já em relação ao açúcar: a produção é estimada em 35,3 milhões de toneladas, crescimento de 18,5% em relação ao produzido na safra passada. (CONAB/BRASIL, 2020).

Um dos benefícios da cultura da cana-de-açúcar é a quantidade de subprodutos que podem ser aproveitados, como o bagaço, palha, torta de filtro, fuligem e vinhaça. A torta de

filtro apresenta teores elevados de nitrogênio, potássio e principalmente fósforo, sendo um resíduo com fonte potencial para melhorar a qualidade do solo (DOTANIYA et al., 2016). A vinhaça, rica em potássio, é bastante utilizada para a fertirrigação dos campos de plantio (DOTANIYA et al., 2016). Essa utilização de subprodutos é tida como uma alternativa inovadora, causando melhorias na economia (SALLES-FILHO et al., 2017) e no âmbito ambiental, capazes de sustentar a saúde do solo (CARDOSO et al., 2013).

## 2.2 Fósforo (P) no solo

Para o cultivo da cana-de-açúcar, o fósforo (P), é o segundo macronutriente mais limitante na produção, ficando atrás apenas do nitrogênio, e mesmo em solos férteis, o fosfato as vezes se encontram indisponíveis para as plantas (SILVA et al., 2018). Podemos considerar o P como extremamente importante, pois participa na constituição de moléculas de DNA, na síntese de ATP, na respiração e em todo o funcionamento do metabolismo microbiano e vegetal (BINI; LOPEZ, 2016).

O fósforo pode ser encontrado na forma inorgânica e orgânica, e é translocado por difusão. Podendo ser absorvidos por plantas e microrganismos, predominantemente na forma inorgânica ( $\text{HPO}_4^{2-}$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

A presença de microbiota no solo é imprescindível (NANNIPIERI et al., 2011), pois é através dela que a solução do solo é reabastecida por meio da mineralização de compostos orgânicos (processo catalisado por enzimas) ou pela solubilização de compostos inorgânicos (processo de reação da apatita com ácidos orgânicos). No Brasil, a maioria dos solos são intemperizados, prevalecendo o predomínio de óxidos de ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), a maior parte do P se encontra fixado, ou seja, não disponível às plantas (FINK et al., 2016). Sendo assim, os coloides presentes no solo absorvem grande parte do fósforo que foi aplicado, e o restante é absorvido pela comunidade microbiana e vegetal.

Com o aumento de aplicações de doses de fertilizantes fosfatados sintéticos, que possuem um alto custo econômico e ambiental, tem-se um aumento no estoque de P (indisponível) no solo (ROY et al., 2016). Portanto, é necessário disponibilizar esse nutriente para as plantas, e o uso de microrganismos para a seu reaproveitamento é uma alternativa para o uso sustentável de P na agricultura (OWEN et al., 2015). Por esses motivos, uma ênfase tem sido dada à utilização microrganismos solubilizadores de P, que conseguem deixar o fosforo que antes estava retido no solo, disponível para as plantas. (RAJANKAR et al., 2007; BOJINOVA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

### **2.3 Bactérias solubilizadoras de Fósforo (P)**

O manejo da população de microrganismos em culturas agronomicamente importantes, como a cana-de-açúcar e a inoculação de bactérias solubilizadoras de fósforo, trazem grandes benefícios ao desenvolvimento das plantas, melhorando o suprimento de fósforo e conseqüentemente aumentando a produtividade (SOUCHIE et al., 2005). Isso ocorre, pois, algumas espécies de bactérias possuem a capacidade de estimular o desenvolvimento de plantas, através da disponibilização de fósforo, por meio da solubilização, e o nitrogênio, por meio da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. (HARDOIM et al., 2008; BERG et al., 2009; COMPANT et al., 2010).

O uso de inoculantes microbianos é considerado uma alternativa ambientalmente correta com relação às aplicações de fertilizantes químicos (KHAN et al., 2010). A disponibilidade de P no solo, feita pelos microrganismos, pode ocorrer de forma direta (solubilização) (SHARMA et al., 2013), e/ou então de forma indireta (mineralização) (NANNIPIERI et al., 2011). A atuação dessas bactérias solubilizadoras de fósforo pode ocorrer sobre o fosfato insolúvel por meio de fosfatases, principalmente fosfatases ácidas, com a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e/ou redução do pH, obtendo-se então o fosfato disponível para as plantas (NAUTIYAL, 1999; VASQUEZ et al., 2000; VASSILEV; VASSILEVA, 2003; SOBRAL, 2003).

Outra forma das bactérias solubilizarem o P é por meio da excreção de ácidos orgânicos (ácido glucônico, málico, oxálico) que complexam o Alumínio (íon acompanhante) do fosfato alumínio, disponibilizando o fosfato no solo. Outro mecanismo de solubilização é a produção de sideróforos, agentes complexantes, que possuem alta afinidade por metais trivalentes ( $Al^{3+}$  e  $Fe^{3+}$ ) (SHARMA et al., 2013). Devido a essa ação ser uma alternativa para a diminuição do uso de fertilizantes, e conseqüentemente redução de custos, diversos estudos vêm sendo realizados para avaliar a capacidade de solubilização de fósforo inorgânico. Entre os gêneros bacterianos que são conhecidos com esta capacidade, estão as *Pseudomonas*; *Burkholderia*; *Rhizobium*; *Agrobacterium*; *Azotobacter* e *Erwinia* (GOLDSTEIN et al., 1999; RODRIGUEZ et al., 2000; VERMA et al., 2001; GARG et al., 2001).

Diversas são as funcionalidades fisiológicas, benéficas e diversificadas, que as bactérias podem realizar no sistema bactéria/solo/planta. Podemos incluir a solubilização de fosfato inorgânico, FBN, resistência a elevadas concentrações de sais, entre outras. Essas bactérias apresentam um enorme potencial que podem intervir positivamente no

desenvolvimento das plantas, por isso, diversos trabalhos buscam avaliar a capacidade de bactérias que fixem nitrogênio e solubilizem fosfato inorgânico visando o possível uso da biotecnologia microbiana e aplicabilidade nos sistemas de produções agrícolas (JALILI et al., 2009; TAURIAN et al., 2010; COMPANT et al., 2010).

Atualmente, existem poucos estudos sobre a solubilização de fósforo para a cana-de-açúcar, e devido a sua grande expressão econômica, devem-se maximizar os estudos para possibilitar maior benefício para a cultura. Sundara et al. (2002) realizou um trabalho com cana-de-açúcar utilizando diferentes fontes de fósforo e doses de fosfato com ou sem a aplicação de bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF). Foi constatado quando a aplicação de BSF era realizada junto com a adubação fosfatada, um melhor efeito podia ser observado. Outro dado interessante é que com a utilização conjunta de BSF e fertilizantes fosfatados, as bactérias solubilizadoras de fósforo podem reduzir o requerimento da dosagem de fósforo em até 25%. Além disso, 50% dos superfosfatos podem ser substituídos por outras fontes de fósforo, como as rochas fosfatadas, que, além de serem mais baratas que o superfosfato, apresentou maior viabilidade na utilização junto a microrganismos.

Yadav e Singh (1990) também observou um aumento na germinação e no rendimento da cana-de-açúcar quando utilizada a bactéria *Bacillus megatherium*, solubilizadora de fósforo, com diferentes doses de fertilizantes fosfatados na região de Bihar-Índia, em solos aluviais. Isso demonstra que o aumento da disponibilidade de P para as plantas mediante ao uso de fontes alternativas é extremamente complexo e vai exigir um esforço concentrado da pesquisa.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição do local de realização**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do solo, do DCS - Departamento de Ciência dos Solos da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras – MG. O município de Lavras está localizado na região sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 918 m, com latitude 21°14'S e longitude 45°00'W GRW.

#### **3.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com o fatorial 3×4 com 4 repetições, no primeiro fator foram estudado três cultivares diferentes: SP80-1842; RB867515; CTC 9003 e no segundo fator foram estudados os quatro tratamentos de fontes de fósforo (P): inoculação dos tolete com bactéria UFLA0310 + fosfato de rocha Bayóvar; Bayóvar sem inoculação, controle positivo (com adubação fosfatada mineral – Super Triplo) e o controle absoluto (sem nenhuma fonte de fósforo, apenas o fósforo presente no solo, denominada Legacy). Cada planta constituiu uma parcela, totalizando 48 unidades experimentais.

#### **3.3 Condução do experimento**

Foi realizada uma coleta de solo na camada de 0 a 20 centímetros em área de produção de cana-de-açúcar na Cachaça Bocaina, localizada no município de Lavras – Mg, sendo realizado a caracterização química e física do solo antes de implantar o experimento (Tabela 1). Após a coleta o solo foi peneirado e colocado em vasos com capacidade de até 10 kg. Foram utilizadas três variedades de cana-de-açúcar que foram coletadas na fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA): SP80-1842 (maturação média); RB867515 (maturação média a tardia); e CTC 9003 (maturação precoce). Posteriormente foram cortadas em minitoletes para serem implantadas nos vasos. A Tabela 1 apresenta a caracterização dos atributos químicos e físicos da análise de solo.

Tabela 1 - Caracterização dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo típico (LVA), da camada de 0-20 cm.

Identificação da amostra	pH (KCl)	Ph	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	T	V	m	m	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	Classificação do solo	Argila	Siltre	Areia	Areia Grossa	Areia fina
10658	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>							%	dag/kg	mg/L	mg/dm <sup>3</sup>						dag/kg								
A1A1 0-20	6,6	22,72	2,77		2,46	1,37	0,03	1,59	3,89	3,92	5,48	70,95	0,77	2,04	16,64	3,24	30,17	6,94	1,91	0,22	6,87	solo tipo 3	60	60	32	n.a.	n.a.	

Fonte: Do autor, 2021.

A capacidade de campo do solo foi testada para uma umidade de 60% do volume total de poros (VTP). Pesou-se 100g que foram colocados em um funil, que possuía uma fina camada de algodão no orifício e adicionou-se 100 ml de água. Após o cálculo de quantificação da água retida, chegou-se à necessidade de 3,3 L de água a ser colocada por vaso após a adubação, para atingir a capacidade de campo do solo (DONAHUE et al., 1952).

Para a adubação da cana-de-açúcar, foi feita a adubação em vasos, seguindo a recomendação de Malavolta (1980). Sendo assim, utilizou-se 266g de ureia, 418g de super triplo, 1.060g de bayóvar e 13,8g de cloreto de potássio por vaso. Após 40 dias do plantio, fez-se a adubação de cobertura com 44g de ureia.

Para o preparo do inoculante, fez-se meio 79 líquido (FRED;WAKSMAN, 1928) (manitol 10g L<sup>-1</sup>; solução K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 10% 1 mL L<sup>-1</sup>; solução KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 10% 4 mL L<sup>-1</sup>; solução MgSO<sub>4</sub> 10% 2 mL L<sup>-1</sup>; solução 10% 1mL L<sup>-1</sup>; extrato de levedura em pó 0,4g L<sup>-1</sup>; azul de bromotimol 0,5 mL L<sup>-1</sup>) o qual foi autoclavado por 20 minutos. O meio foi preparado em erlenmeyers e a inoculação da bactéria (UFLA 0310) foi realizada em câmara de fluxo a partir de raspagens das colônias isoladas pré-crescidas em meio sólido, com auxílio de alça de platina. Os erlenmeyers foram colocados em mesa agitadora de acordo com o tempo de crescimento de cada estirpe.

Na montagem do experimento, foram colocados dois minitoletes de 5 cm cada por vaso de capacidade de 10 litros, de modo que as gemas da cana-de-açúcar ficassem para cima. Foram inoculados 6 mL nas extremidades de cada tolete. Após 40 dias de experimento foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso, visando diminuir o efeito da competição. Foi feito também o controle de ácaros com o produto Abamectina, utilizando 2L de água e 6 mL do acaricida. A duração do experimento foi de 90 dias.

### **3.4 Características avaliadas**

Para todas as variedades de cana-de-açúcar, as variáveis analisadas foram: massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA), as análises foram inseridas em estufas para retirada da umidade e posteriormente pesadas. A altura de plantas foi realizada ao final do experimento e o índice de velocidade de brotação e a medição de clorofila através do aparelho SPAD-502 foram realizadas ao decorrer do experimento.

### **3.5 Análise estatística**

Realizaram-se as análises de variância individuais pelo teste F, seguida da aplicação de teste de Scott-Knott (5%) para comparação das variáveis. Adotou-se o nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre todas as variedades, para o caractere SPAD, onde a CTC 9003 apresentou a maior média com 46,8, seguido da SP80-1842 com 45,3, diferindo estatisticamente da RB867515 com 39,2 (Tabela 2).

A boa associação do SPAD interfere diretamente no conteúdo de clorofila das plantas quando submetidas a regimes hídricos, ou seja, em tempos de seca o índice SPAD tende a reduzir, apresentando maior severidade em genótipos susceptíveis. Portanto, a capacidade de resposta da planta a deficiência hídrica influencia na diferenciação varietal da planta. A clorofila possui um papel importante na fotossíntese, responsável pela absorção da energia luminosa e reações fotoquímicas que influenciam diretamente no crescimento e altura da planta (SILVA et al. 2014). Portanto, foi esperado que os cultivares obtivessem maior capacidade de resposta aos pigmentos e sob a condição hídrica do experimento, devido a capacidade das cultivares de tolerar essa condição, garantindo um bom potencial fotossintético e boa produtividade.

Conforme o estudo de Silva et al. (2014), o índice SPAD é considerado como um dos principais parâmetros fisiológicos, quando aplicado na avaliação de programas de melhoramento de cana-de-açúcar, pois diferencia os genótipos tolerantes dos intolerantes ao estresse hídrico.

Tabela 2 – Teste de média entre as cultivares e fontes de fósforo

<b>Variedade</b>	<b>SPAD</b>
SP80-1842	45,3 a
RB867515	39,2 b
CTC 9003	46,8 a
<b>Fontes de P</b>	
Legacy	44,1 a
Bayóvar	45,0 a
UFLA 0310 + Bayóvar	44,7 a
ST	41,3 a
<b>Média Geral</b>	43,8
<b>C.V. (%)</b>	8,4

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do Autor (2021).

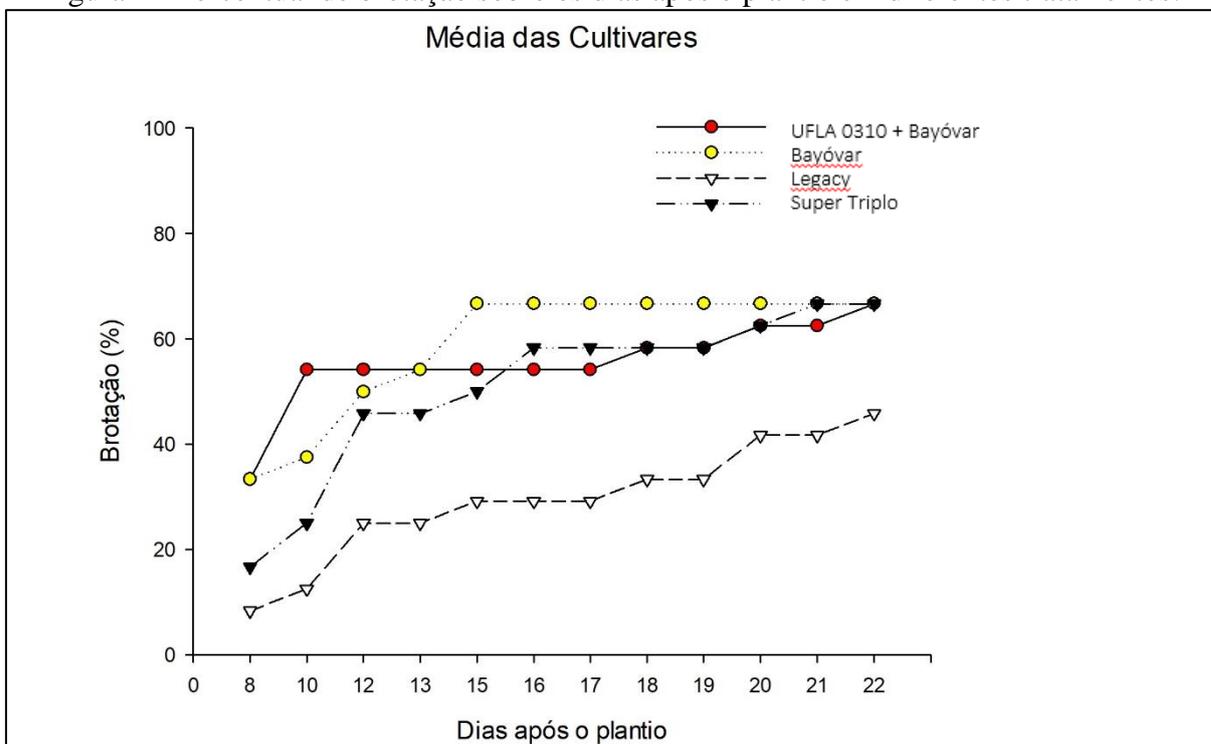
De acordo com os resultados da Tabela 2, foi observada a eficiência da bactéria UFLA 0310 + Bayóvar. Deve-se levar em consideração a capacidade destas bactérias em interagir com as plantas e promover seu desenvolvimento, no qual diversos fatores podem interferir

nessa interação, como por exemplo, o genótipo do hospedeiro, nicho, idade dos mesmos (COMPANT et al., 2010). Consequentemente, pela análise do gráfico de índice de velocidade de emergência (Figura 1), os tratamentos bayóvar e bayóvar + UFLA0310 (B1) após 8 dias do plantio apresentaram maior brotação (33,3%), sendo que o tratamento isolado estabilizou-se aos 15 dias. Apresentando um período de 7 e 14 dias de diferença entre a primeira avaliação brotada para a última, respectivamente aos tratamentos, sendo ambos estabilizando com 66,7% de brotação.

De acordo com o estudo, os minitoletes que foram submetidos aos tratamentos super triplo (ST) e legacy (controle negativo) começaram a brotação com menor porcentagem aos 8 dias do plantio, 16,7% e 8,3%, respectivamente e estabilizaram com 22 dias, com brotação final de 66,7% e 45,8% dos minitoletes, respectivamente (Figura 1).

A rápida emergência e a uniformidade da brotação resultam em mudas vigorosas, pois favorece a um estabelecimento do estande adequado, com plantas de mesma idade fenológica, facilitando o manejo e garantindo um bom rendimento final da cultura, com maior qualidade do produto (MARCOS FILHO, 2015).

Figura 1 - Percentual de brotação sobre os dias após o plantio em diferentes tratamentos.



Fonte: Do autor, 2021.

Houve diferença significativa entre as variedades (Tabela 3), para o caractere altura de plantas, onde as variedades SP80-1842 e RB867515 apresentaram os melhores resultados

devido as suas características de alta velocidade de crescimento, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo e por ser uma cultivar de porte alto (ASSOCANA, 2020). Para a fonte de fósforo UFLA0310 + Bayóvar, houve diferença significativa entre as variedades onde a RB867515 obteve melhores resultados em solubilizar o fósforo adsorvido no solo e assim o deixando disponível para absorção das raízes, pois esse tipo de bactéria tem como característica de possibilitar o aumento da disponibilidade de fosfato viável para a planta, promovendo o desenvolvimento vegetal (VERMA et al., 2001; GYANESHWAR et al., 2002, COMPANT et al., 2010).

Para fonte de fósforo legacy a variedade SP80-1842 apresentou as melhores médias. Para a fonte de fósforo super triplo, a variedade RB867515 e SP80-1842 apresentaram as melhores médias. Provavelmente os solos coletados já dispunham de bactérias nativas que garantiram os resultados para os tratamentos Legacy (Tabela 3). Deve-se levar em consideração a capacidade destas bactérias em interagir com as plantas e promover seu desenvolvimento, no qual diversos fatores podem interferir nessa interação, como por exemplo, o genótipo do hospedeiro, nicho, idade dos mesmos (COMPANT et al., 2010).

Tabela 3 – Altura (cm) das plantas em diferentes tratamentos

Fonte de P	Variedade			Média
	SP80-1842	RB867515	CTC9003	
Legacy	39,5 Aa <sup>1</sup>	24,7 Bb	30,0 Bb	31,4 b
Bayóvar	44,0 Aa	49,3 Aa	40,2 Aa	44,5 a
UFLA0310 + Bayóvar	44,3 Ba	53,5 Aa	39,8 Ba	45,8 a
ST	49,5 Aa	56,7 Aa	38,3 Ba	48,1 a
<b>Média</b>	44,3 A	46,0 A	37,1 B	

Média Geral: 42,5 cm; C.V.: 12,8 %. <sup>1</sup> médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do Autor (2021).

Para os tratamentos dentro das variedades, RB867515 e em seguida o SP80-1842 com o super triplo foram apresentados os melhores resultados para altura das plantas com 56,7cm e 49,5cm respectivamente. Para a CTC 9003, o Bayóvar apresentou os melhores resultados entre os tratamentos da variante, porém não diferiu estatisticamente com os tratamentos super triplo e UFLA0310+Bayóvar, provavelmente por conta bactérias diazotróficas naturais que estão relacionadas com a cultivar.

Com relação à matéria seca da parte aérea, houve diferença significativa entre os tratamentos, onde as cultivares SP80-1842 e RB867515 apresentaram as melhores médias (Tabela 4). Entre os tratamentos com a bactéria UFLA0310 a cultivar SP80-1842 apresentou

os melhores resultados e para o tratamento com o super triplo aconteceu da mesma maneira. Pode-se dizer que isso ocorreu, pois a SP80-1842 e RB867515 possuíam bactérias nativas próxima de sua raiz que auxiliaram na solubilização do fósforo, contribuindo para o aumento da massa seca da parte aérea, conforme demonstrado a seguir:

Tabela 4 – Teste de massa seca da parte aérea (MSPA) (g)

<b>Variedade</b>	<b>MSPA (g)</b>
SP80-1842	36,3 a
RB867515	31,8 a
CTC9003	23,2 b
<b>Fontes de P</b>	
Legacy	18,1 b
Bayóvar	34,3 a
UFLA0310 + Bayóvar	31,8 a
ST	37,5 a
<b>Média Geral</b>	30,4
<b>C.V. (%)</b>	25,4

Fonte: Do autor, 2021.

Em relação ao teste da massa seca de raiz (MSR) (Tabela 5), houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, no qual as fontes de P super triplo e Bayóvar diferiram estatisticamente das fontes de P Legacy e UFLA0310 + Bayóvar.

Tabela 5 – Teste da massa seca de raiz (MSR) (g)

<b>Fonte de P</b>	<b>Variedade</b>			<b>Média</b>
	<b>SP80-1842</b>	<b>RB867515</b>	<b>CTC9003</b>	
Legacy	29,5 Aa <sup>1</sup>	23,3 Ab	27,0 Ab	26,6 b
Bayóvar	32,0 Aa	34,0 Aa	43,3 Aa	36,4 a
UFLA0310 + Bayóvar	36,8 Aa	23,3 Bb	19,9 Bb	26,7 b
ST	42,7 Aa	33,7 Ba	28,3 Bb	34,9 a
<b>Média</b>	35,3 A	38,6 B	29,6 B	

<sup>1</sup> Média Geral: 31,2 g; <sup>2</sup> C.V.: 24,7 %. <sup>1</sup> médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Fonte: Do Autor (2021).

A variável massa seca de raiz não apresentou efeito significativo na variedade SP80-1842 entre os tratamentos. Essa consideração pode estar relacionada à umidade do solo, uma vez que todas as variedades receberam as mesmas condições de umidade para todas as plantas. Ao passo do desenvolvimento da cana-de-açúcar a matéria seca radicular é distribuída em função das condições ambientais (FAGUNDES et al., 2014).

Gulden e Vessey (2000) demonstraram que o crescimento das raízes e o aumento do P nas plantas inoculadas com bactérias solubilizadoras de fosfato estavam associados primeiramente ao aumento do crescimento da raiz, incluindo maior comprimento radicular específico e produção de pelos mais longos na raiz. Quando a planta possui maior desenvolvimento radicular poderá proporcionar maior aumento na absorção de água e nutrientes minerais contribuindo para o aumento da área foliar e o vigor das cultivares.

Conforme Vasconcelos (2002) apud Faroni (2004), a parte aérea e o sistema radicular da cana de açúcar competem por fotoassimilados, atribuindo consequências desfavoráveis para a profundidade e acúmulo da sacarose. Para a planta, o fator preponderante é a sua capacidade de sobrevivência, e a manutenção da arquitetura radicular com maior quantidade de raízes significa maior quantidade de reservas metabólicas, enquanto a maior distribuição em profundidade, além da redução da altura dos colmos, garante a planta melhor possibilidade de contato com camadas mais úmidas, além da redução do estresse em períodos de deficiência hídrica.

De acordo com Vasconcelos et al. (2003), em um levantamento sobre o comprimento das raízes, as camadas entre 40 e 60 cm e entre 60 e 80 cm, garante uma boa equivalência na quantidade de raízes. Contudo, nas camadas superiores entre 0-20 cm apresentou maior comprimento e maior proporção das raízes na superfície. Portanto, quanto menor o coeficiente de variação, melhor é a precisão do experimento, detectado pela diferença entre os tratamentos, mesmo que subestimado a quantidade de raízes na superfície.

Quanto maior o sistema radicular de uma planta melhor a capacidade de exploração do solo, e conseqüentemente, melhor aproveitamento dos nutrientes e água. Quando o sistema radicular é mais abundante contribui para o aumento dos exsudados de raízes garantindo maior atividade microbiana, influenciando diretamente para o crescimento das plantas. Genericamente, a profundidade do solo sem impedimento físico, quanto maior o volume das raízes de uma variedade, melhor será o aproveitamento da água de nutrientes disponível. Contudo, em solos rasos ou com impedimento físico pela compactação, ou químico pela fertilidade, a variável eficiência pode atribuir melhor aproveitamento de água e nutrientes, considerado como mais importante do que o volume e a massa radicular (KORNDORFER et al., 1989).

## **5 CONCLUSÃO**

Os tratamentos contendo a bactéria UFLA0310 e o bayóvar tiveram resultados semelhantes ao tratamento positivo, que continham o fertilizante Super Triplo. Portanto, era o que se buscava nesse trabalho, encontrar tratamentos que obtivessem representatividade para os resultados, não diferindo estatisticamente do tratamento com o fertilizante químico. Comprovando assim a capacidade de bactérias solubilizadoras de fosfato (PSB) em aumentar o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas variedades de cana-de-açúcar cultivadas em latossolo, fertilizadas com fosfato de rocha Bayóvar.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCANA. **Características agrotécnicas e manejo varietal da cana de açúcar**. 2020. Disponível: <[http://www.assocana.com.br/arquivos/upload/files/documentos/variedades\\_2020.pdf](http://www.assocana.com.br/arquivos/upload/files/documentos/variedades_2020.pdf)>. Acesso em: 28/04/2021
- DALBEN, L. C. Manejo da Palha da Cana-de-açúcar. **7º Congresso Nacional da Bioenergia – UDOP**, 2014.
- BERG, G. **Plant–microbe interactions promoting plant growth and health**: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Berlin, v. 84, p. 11–18, jul. 2009.
- BINI, D.; LOPEZ, M. V.; CARDOSO, E. J. B. N. **Metabolismo microbiano**. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D., eds. *Microbiologia do Solo*. ESALQ, Piracicaba, p. 61–80, 2016.
- BOJINOVA, D.; VELKOVA, R.; IVANOVA, R. Solubilization of Morocco phosphorite by *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 7348-7353, 2008.
- BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F. BORGES, E. V. S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho Escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.663-1667, 1999.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Oficina sobre fertilizantes no Brasil**. Brasília, 2009. Contrato Ministério de Ciência e Tecnologia e Centro de Estudos Estratégicos MCT/FSAGCGEE/Consultoria No 056/2009.
- CANBOLAT, M.; BILEN, S.; ÇAKMAKÇI, R.; SAHIN, F.; AYDI, A. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seeding growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 3, p. 350-357, 2006.
- CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A. dos; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M. De; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. de M.; NOGUEIRA, M. A. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, p. 274–289, 2013.
- COMPANT, S.; CLÉMENT, S.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 669-678, may 2010.
- CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Stimulation de la croissance du maïs et de la laitue romaine par des microorganismes dissolvant le phosphore inorganique. *Canadian Journal of Microbiology*, **Ottawa**, v. 39, p. 941-947, 1993.
- CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; MARÍLIA, H.; ABREU, C. De; ARRUDA, P.; CIERO, L.; FERRO, J. A.; VERGAS, A.; FIGUEIRA, D.O.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F. D. C.; ROMANO, E. Sugarcane (*saccharum X officinarum*): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology**, v. 4, p. 62-89, 2011.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; EITELWEIN, M.T.; MENEGOL, D.R.; DA ROS, C.O.; PIAS, O.H. de C.; BERGHETTI, J. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. **Ciência Rural**, v.44, p.425-432, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000300007.

COMPANT, S.; CLÉMENT, S.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 669-678, may 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira 2019/2020**, Brasília, 2020.

DONAHUE, R.L. **Laboratory manual for introductory soils**. [S.l.]: Interstate, 1952. 151p

DOTANIYA, M. L.; DATTA, S. C.; BISWAS, D. R.; DOTANIYA, C. K.; MEENA, B. L.; RAJENDIRAN, S.; REGAR, K. L.; LATA, M. Use os sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, p.185-194, 2016.

FAGUNDES, E.A. A. et al. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.2, p.188–193, 2014.

FARONI, C. E. **Sistema radicular de cana-de-açúcar e identificação de raízes metabolicamente ativas**. 2004. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L.; BARBOSA, H. P.; CRUZ, C. D.; BASTOS, I. T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.66, p.605-610, 2007.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31. p.627-636. 2007.

FINK, J.R.; INDA, A.V., TIECHER, T.; BARRÓN, V. Óxidos De Ferro E Matéria Orgânica Na Disponibilidade De Fósforo No Solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 369-379, 2016. GARG,S.K.; BHATNAGAR, A.; KALLA, A.; NARULA, N. In vitro fixation, phosphate solubilization, survival and nutrient release by Azotobacter strains in aquatic system. **Bioresource Technology**, v.80, p.101-109, 2001.

GOLDSTEIN A.H., BRAVERMAN K., OSORIO N., Evidence for mutualism between a plant growing in a phosphate-limited desert environment and a mineral phosphate solubilizing (MPS) rhizobacterium, **FEMS Microbiology**. Ecology, v.30, p.295-300, 1999.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.703-707, 2001.

GYANESHWAR P, Kumar GN, Parekh LJ, Poole PS (2002) Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil** 245: 83-93.

HARDOIM, P. R.; van OVERBEEK, L. S.; van ELSAS, J. D. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. **Trends in Microbiology**, Cambridge, v. 16, n. 10, p. 463-471, oct. 2008.

JALILI, F.; KHAVAZI, K.; PAZIRA, E.; NEJATI, A.; ASADI RAHMANI, H.; RASULI SADAGHIANI, H.; MIRANSARI, M. Isolation and characterization of ACC deaminase producing fluorescent pseudomonads to alleviate salinity stress on canola (*Brassica napus* L.) growth. **Journal of Plant Physiology**, Irvine, v. 166, p. 667–674, set. 2009.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi - current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 56, n. 1, p. 73-98, 2010.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. **Agronomy Sustainable Development**, v. 27, p. 29-43, 2007.

KIM, K. Y.; JORDAN, D.; McDONALD, G. A. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 26, p. 79-87, 1998.

KORNDORFER, G. H. et al. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. Piracicaba: **Coopersucar**. 1989, n.47, p.32-36. (Boletim Técnico 47).

LUCCHESI, A A. Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Boletim Técnico Esalq/Cena**, Piracicaba, n. 7, p. 1-50, 1995.

MEDINA, A.; VASSILEVA, M.; BAREA, J. M.; AZCON, R. The growth enhancement of clover by *Aspergillus*-treated sugar beet waste and *Glomus mosseae* inoculation in Zn contaminated soil. **Applied and Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, p. 87-98, 2006.

NANNIPIERI, P.; GIAGNONI, L.; LANDI, L.; RENELLA, G. Role of Phosphatase Enzymes in Soil. In: BÜNEMANN, E.; OBERSON, A.; FROSSARD, E., eds. *Phosphorus in Action: Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling*. **Springer**, Berlin, p. 215–243, 2011.

NAUTIYAL, C.S. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS Microbiology Letters**, v.170, p.265-270, 1999.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do solo*. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 471-537, 2007.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; MUZZI, M. R. S.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, p. 1782-1787, 2009.

OMETTO, ALDO ROBERTO. (2000). **Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setor sucroalcooleiro e a certificação socioambiental**. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OWEN, D.; WILLIAMS, A. P.; GRIFFITH, G. W.; WITHERS, P. J. A. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41–54, 2015.

RAJANKAR, P. N.; TAMBEKAR, D. H.; WATE, S. R. Study of phosphate solubilization efficiencies of fungi and bacteria isolated from saline belt of Purna river basin. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 3, p. 701-703, 2007.

RICHARDSON, E. A. Regulating the phosphorus nutrition of plants: molecular biology meeting agronomic needs. **Plant and Soil, The Hague**, v. 322, p. 17-24, 2009.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; SELMAN, G. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. **Journal of Biotechnology**, 84:155-161, 2000.

ROY, E. D.; RICHARDS, P. D.; MARTINELLI, L. A.; COLETTA, L. Della; LINS, S. R. M.; VAZQUEZ, F. F.; WILLIG, E.; SPERA, S. A.; VANWEY, L. K.; PORDER, S. The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics. **Nature Plants**, v. 2, p. 2–7, 2016.

SALLES-FILHO, S. L. M.; FELÍCIO, P.; CASTRO, D. De; BIN, A.; EDQUIST, C.; FLÁVIA, A.; FERRO, P.; CORDER, S. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: The innovation driver. **Energy Policy**, v. 108, p. 70–77, 2017.

SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, p. 1–14, 2013.

SILVA, U. de C. **Prospecção da diversidade de comunidade microbiana do solo para o aproveitamento agrícola de fontes de fósforo de baixa solubilidade**. 2010. Sete Lagoas: UNIFEMM, 2010.

SILVA, M. A. et al. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, Jan./Feb. 2014.

SILVA, V. S. G. da; OLIVEIRA, M. W. de; FERREIRA, V. M.; OLIVEIRA, T. B. A.; GALVÃO, E. R.; SILVA, A. F. da; MACHADO, P. A. S. Nutritional Requirement of Sugarcane Cultivars. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 361-369, 2018.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 840–848 (Suplemento), jun. 2009.

SINGH, S.; KAPOOR, K. K. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 28, p. 139-144, 1999.

SOBRAL, J.K. **A comunidade bacteriana endofítica e epifítica de soja (*Glycine max*) e estudo da interação endófitos-plantas**. 2003. 108p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SOUCHIE, E.L; BAREA, J.M. ; SAGGIN-JUNIOR, O.J. e DA SILVA, E.M.R. Solubilização de fosfatos em meios sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1149-1152, 2005.

SUNDARA, B., NATARAJAN, V., HARI, K., Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. **Field Crops Research**, v.77, p. 43–49, 2002.

TAURIAN, T.; ANZUAY, M. S.; ANGELINI, J. G.; TONELLI, M. L.; LUDUEÑA, L.; PENA, D.; IBÁÑEZ, F.; FABRA, A. Phosphate-solubilizing peanut associated bacteria: screening for plant growth-promoting activities. **Plant Soil**, The Hague, v. 329, p. 421–431, Apr. 2010.

VASCONCELOS, A. C. M. et al. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p:849-858, 2003.

VASQUEZ, P.; HOLGUIN, G.; PUENTE, M.E.; LOPEZ-CORTEZ,A.;BASHAN, Y. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.460-468, 2000.

VASSILEV, N.; VASSILEVA, M. Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.61, p.435-440, 2003.

VASSILEVA, M.; SERRANO, M.; BRAVO, V.; JURADO, E.; NIKOLAEV, I. A; MARTOS, V.; VASSILEV, N. Multifunctional properties of phosphate-solubilizing microorganisms grown on agro-industrial wastes in fermentation and soil conditions. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 85, p. 1287-1299, 2010.

VERMA, S.C.; LADHA, J.K; TRIPATHI, A.K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology**, v.91, p.127-141, 2001.

WHITELAW, M. A. **Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi.**

WITHERS, P. J.; RODRIGUES, M; SOLTANGHEISI, A.; DE CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R. G.; BENITES, V. D. M; GATIBONI, L.C.; DE SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. D. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA, A. De; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, p.1-13, 2018.

YADAV, K., SINGH, T. Effect of I Bacillus megatherium on the solubilization of phohosphatic fertilizers influencing yield and uptake by sugarcane. **Bharatiya Sugar**, v.15, p.15-23, 199

