

## DESEMPENHO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO ASSOCIADAS À ADUBAÇÃO MINERAL QUÍMICA E ORGÂNICA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE BEBEDOURO - SP

Joaquim Bueno de Camargo Neto<sup>1</sup>  
Wesley De Oliveira Cavichili<sup>2</sup>  
Vitor Simionato Bidoia<sup>3</sup>

**Resumo** - A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) tem apresentado um ritmo de crescimento de expansão agrícola muito elevado pelo mundo. O emprego de bactérias promotoras de crescimento, fixadoras de nitrogênio tem mostrado grandes resultados no ganho agrícola nas culturas como soja e milho e tem ganhado espaço no setor, e devido os custos altos de adubos químicos. o presente trabalho objetivou estudar o emprego de bactérias promotoras de crescimento na disponibilização de nutrientes na adubação química e sobre composto orgânico associado com vinhaça na cultura de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, 5 repetições. Os tratamentos foram: formulado 19-04-10 nas doses (kg ha<sup>-1</sup>) de: 600 (sem associação de bactérias promotoras de crescimento - testemunha); 600 (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 540 (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 480 (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 420 (com associação de bactérias promotoras de crescimento) e com Composto orgânico + vinhaça 15 ton + 80m<sup>3</sup> (com e sem associação de bactérias promotoras de crescimento). As bactérias utilizadas foram *Azospirillum brasilienses*, *Bacillus amyloquelaciens*, *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus herbaspirillum* em uma concentração 1,0 x 10<sup>8</sup>. Os tratamentos com adubação T4 (19-04-19 480 Kg ha<sup>-1</sup> + bactérias) e T6 (Composto + vinhaça + bactérias) elevaram o TCH (5 e 7%, respectivamente) e TAH (7 e 8%, respectivamente) quando comparados o tratamento testemunha T1 (19-04-19 600 kg ha<sup>-1</sup> sem bactérias). O Composto + vinhaça + bactérias apresentou maior disponibilização dos nutrientes no solo na camada de 0-20 cm. Conclui-se que o emprego de bactérias promotoras de crescimento aplicadas em cana-de-açúcar proporcionou maior TCH tanto na adubação química quanto na adubação com composto + vinhaça.

**Palavras-chave:** Adubo químico. Vinhaça. Composto Orgânico. Microbiota. *Saccharum spp.*

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma no Centro Universitário UNIFAFIBE. Rua Professor Orlando França de Carvalho, 325. Bebedouro - SP. CEP 14.701-070. E-mail: jbc\_netocamargo@icloud.com.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma no Centro Universitário UNIFAFIBE. Rua Professor Orlando França de Carvalho, 325. Bebedouro - SP. CEP 14.701-070. E-mail: wesley.cavichili@aluno.unifafibe.edu.br.

<sup>3</sup> Professor Mestre no Centro Universitário UNIFAFIBE, Rua Professor Orlando França de Carvalho, 325, Bebedouro - SP; CEP 14.701-070. E-mail: vitor.bidoia@prof.unifafibe.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento significativo da área produtiva de cana-de-açúcar, acrescida dos altos investimentos genéticos de novas cultivares e de recentes estudos acerca da diversidade de microrganismos presentes no solo, o equilíbrio biológico tem sido focado como alternativa positiva para manter um potencial produtivo e sustentável da agricultura, visando um manejo adequado dos recursos afim de satisfazer as necessidades do homem e, ainda manter o equilíbrio dos recursos naturais e propriedades do ambiente (RIBEIRO et al., 2018).

A cana-de-açúcar é considerada uma das principais culturas no mundo, e é cultivada em vários países tropicais. É uma importante cultura com amplitude de emprego de sua matéria-prima empregada para produção dos mais diversos produtos como etanol, açúcares comercializáveis, e ainda tem a possibilidade da utilização de seus resíduos tanto na agricultura quando na fabricação de móveis (DARLI et al., 2017).

Para uma alta produtividade e bom desenvolvimento da cultura é necessário que se realize a aplicação de nutrientes minerais, que sejam empregados de maneira adequada, visando suprir a demanda de extração da cultura. O nitrogênio, o potássio e o fósforo, são os nutrientes mais exidos pelas plantas, uma vez que são nutrientes essenciais para um bom desempenho à campo e apresente uma alta produtividade agrícola. A importância do fósforo é fundamental, pois, participa de importantes processos como formação de açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como componentes de membranas (fosfolipídios), nucleotídeos (como o ATP) e do DNA e RNA (GYANESHWAR et al., 2002; TAIZ; ZIEGER, 2004; GOMES et al., 2010).

Dentre todos os nutrientes, o fósforo é nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas, uma vez que tem função importantíssimo para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois, participa de compostos que são essenciais nas células Taiz; Zeiger; Santarem (2017). Contudo, o fósforo pode ser encontrado no solo em sua forma orgânica e inorgânica, e, a maior parte do fósforo disponibilizado via adubação mineral é perdida ou ficam retidos na fração mineral e colóides do solo tornando-se, o que os torna indisponível para as plantas (KUHAD et al., 2004).

O solo por sua vez é um meio dinâmico, habitados por microrganismos que atuam no processo de mineralização, e disponibilização desses nutrientes as plantas.

A microbiota do solo é composta por microrganismos como bactérias, fungos e algas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; TROEH; THOMPSON, 2007). A associação bactéria e plantas, proporcionando grandes benefícios na produção e desenvolvimento das plantas. As bactérias promotoras de crescimento vegetal atuam de forma benéfica e possuem diferentes modos de promoção de crescimento atuando de forma direta ou indireta. Os mecanismos diretos responsáveis pela promoção de crescimento são fixação de nitrogênio atmosférico, solubilização de fosfatos e produção de fitohormônios (MIHALACHE et al., 2015).

As principais bactérias que promovem o crescimento de plantas encontradas são entre as espécies *Pseudomonas* spp., *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, espécies de *Bacillus*, *Streptomyces*, *Enterobactercloacae* *Burkholderiacepacia*, *Acetobactere* *Herbaspirillum*, *Agrobacteriumradiobacter*, dentre outras (LIU et al, 2015).

Grande parte desses nutrientes disponibilizados às plantas são aplicados através de fertilizantes químicos, gerando impactos ambientais, tais como contaminação no solo e água, colaborando para mudanças climáticas da terra, além dos altos custos, com base nisso alguns recursos orgânicos tem ganhado espaço no setor da agropecuária, quando são remanejados de forma correta são revertidos em ótimos fornecedores de nutrientes, além de melhorar as condições biológicas, químicas e físicas do solo se tornando uma ótima alternativa (HALLMANN, 2018).

Diante desse contexto, o presente trabalho objetivou estudar o emprego de bactérias promotoras de crescimento na disponibilização de nutrientes na adubação química e sobre composto orgânico associado com vinhaça na cultura de cana-de-açúcar.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CANA-DE-AÇÚCAR**

A cana-de-açúcar tem como centro de origem a Oceania, mais precisamente na ilha da Nova Guiné. Ela distribuiu-se pelo mundo através da migração dos povos locais para outras regiões, até enfim alcançar a Ásia e ser amplamente cultivada por seu povo local. Posteriormente atingiu a Europa no período das cruzadas, e, por fim, chegou às Américas logo após a chegada dos espanhóis e portugueses (FIGUEIREDO, 2011).

A cana-de-açúcar é pertencente ao gênero *Saccharum*, gênero que por sua vez são provenientes denominado de "complexo *Saccharum*" ou "*Saccharum complex*", que se refere ao cruzamento de outros gêneros, como o *Erianthus*, *Sclerostachya* e *Narenga* (MUKHERJEE, 1957; DANIELS et al. 1975).

Na morfologia e fisiologia, é classificada como uma gramínea, pertencente à família Poaceae e é uma planta C4, com elevada eficiência fotossintética líquida na utilização do CO<sub>2</sub> atmosférico, quando comparada as plantas C3 (SEGATO et al., 2006). Que por sua vez obtém como produto final da fotossíntese, uma alta produção de açúcares redutores (glicose e frutose), que seguidamente são complexados formando a sacarose, que posteriormente é armazenada em seu colmo nas células dos tecidos mais maduros (MUTTON; MUTTON, 2015).

No território nacional brasileiro, o setor sucroalcooleiro, corresponde 2,3% do PIB (Produto Interno Bruto), com participação de US\$ 48 bi, e como consequência desta participação, gera 1,2 milhão de empregos de forma direta, principalmente nas regiões centro-sul e nordeste do país. De toda a produção, 90% é destinado para a produção de açúcar e álcool, enfatizando que o estado de São Paulo é responsável por quase 60% (UNICA, 2016).

Na atualidade, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e destaca-se por ser o primeiro exportador mundial de açúcar e o segundo maior produtor mundial de etanol. Somente na safra 2021/2022 foram produzidas 620,44 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 29,04 milhões de toneladas de açúcar e 33,14 bilhões de litros de etanol. Nos últimos anos a falta de investimento no setor sucroenergético associados aos problemas climáticos, envelhecimento dos canaviais (baixa taxa de renovação), introdução da colheita mecanizada (áreas não sistematizadas promovendo pisoteio das soqueiras) e a perda de áreas arrendadas para outras culturas, contribuíram para a queda da produtividade média que foi de 72,23 t ha<sup>-1</sup> na safra 2021/22 (CONAB, 2022).

Grande parte desses nutrientes são aplicados através de fertilizantes químicos, gerando impactos ambientais, tais como contaminação no solo e água, colaborando para mudanças climáticas da terra, além dos altos custos, com base nisso alguns recursos orgânicos tem ganhado espaço no setor da agropecuária, quando são remanejados de forma correta são revertidos em ótimos fornecedores de nutrientes, além de melhorar as condições biológicas, químicas e físicas do solo se tornando uma ótima alternativa (SANTOS et al., 2021).

## 2.2 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

A promoção do crescimento vegetal pode ser desenvolvida por bactérias que se associam às plantas e podem promover ações diretas e indiretas (CASTRO et al., 2009).

A promoção dos mecanismos gerais de crescimento diretos inclui o processo de fixação biológica e a produção de alguns fitormônios. De forma indireta atua como biocontrole, incluindo até a produção de antibióticos, quinda a sintetização de enzimas extracelulares que atua no processo de hidrólise da parede celular fúngica, competindo com patógenos dentro da rizosfera (ZAHIR et al., 2004; VAN LOON, 2007).

Ações de microrganismos podem promover a geração de biopesticidas que desempenham a função de crescimento das plantas atuando como controlador fitopatogênico atuando na produção de enzimas hidrolíticas, antibióticos e sideróforos com isso induzindo a resistência sistêmica (VESSEY, 2003; SOMERS et al., 2004; Chandler et al., 2008). Em solos que apresentam deficiência de ferro o controle biológico de *Fusarium ssp* na cultura do milho através de estirpe *Burkholderia cepacia* (BEVIVINO et al., 1998).

## 2.3 MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES NO SOLO

As bactérias podem ocupar espaços dentro dos tecidos e colonizando a superfície das plantas ou o solo (BRENCIC; WINANS, 2005).

Um dos maiores postos sustentavelmente do setor é a inoculação de bactérias agentes no crescimento, sendo o fornecimento do nitrogênio pela fixação biológica (FBN), com vistas a promover aumento de produtividade e diminuição de insumos com elevados custos, tornando menor os custos e proporcionando uma produção sustentável (BRANDL, 2008).

O nitrogênio é o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (78%), em forma de gás ( $N_2$ ), e é um nutriente, essencial para o desenvolvimento das plantas representando um fundamental papel para formação de aminoácidos. Na forma de  $N_2$ , o nutriente apresenta-se indisponível para as plantas, uma vez que, para o desenvolvimento das culturas agrícolas, visando suprir a demanda de nitrogênio por estas realiza-se uma adição de fertilizantes, composto, principalmente de nitrogênio,

fósforo e potássio, que muitas vezes são via adubos químicos e representam um elevado custo na produção agrícola (MALAVOLTA, 1981; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) representa uma das formas baratas de disponibilizar o nitrogênio para as plantas, uma vez que se dá pela associação entre planta e microrganismo, beneficiando o desenvolvimento e a produtividade das plantas através da disponibilização desse nutriente, que é captado da atmosfera e transformando através de processos biológicos o  $N_2$  em amônia ( $NH_3$ ), disponibilizando-a para absorção e metabolismo da planta. Estima-se que a fixação biológica seja responsável por contribuir com mais que o dobro do que é fornecido via fertilizantes minerais (URQUIAGA et al. 1992).

Em algumas culturas o uso de fertilizantes nitrogenado foi reduzido ou até mesmo substituídos por bactérias fixadoras de nitrogênio que é o caso da soja. As bactérias que promovem o crescimento de plantas principais encontradas são entre as *Pseudomonas* spp., *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, espécies de *Bacillus*, *Streptomyces*, *Enterobacteriaceae* *Burkholderiaceae*, *Acetobacter* *Herbaspirillum*, *Agrobacteriumradiobacter*, entre outras.

### 2.3.1 Ação dos microrganismos na solubilização do fósforo

Em associação com a rizosfera e diferentes plantas, as bactérias existentes no solo solubilizam o P orgânico, pois estas bactérias desempenham a função de solubilizar o fosfato de rochas fosfáticas ou solos com a presença desse material. Através de processos metabólicos efetivos os microrganismos efetuam a solubilização e mineralização do P a partir da forma inorgânico que não é absorvida para a forma orgânico que é absorvida. Nesse processo está envolvido vários microrganismos, destacando as bactérias com o maior potencial para obtenção de fosfatos solúveis, sendo cerca de 40% das bactérias rizosféricas são capazes de solubilizar P (RICHARDSON et al., 2001).

Entretanto, existem alguns gêneros de bactérias promotoras de crescimento vegetal tais como *Gluconacetobacterdiazotrophicus*, *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* fixam nitrogênio e são também capazes de solubilizar os fosfatos inorgânicos (RODRIGUEZ et al., 2004; KUNDU e GAUR, 1980, SARAVANAN et al., 2008; HALDER; CHAKRABARTTY, 1993; SURANGE; KUMAR, 1993).

Os microrganismos rizosféricos têm a capacidade de influenciar diretamente a capacidade das plantas em adquirir P fazendo uso de uma série de mecanismos estruturais. Desta forma favorece o aumento na área superficial das raízes, aumentando a extensão do sistema radicular (associações com micorrizas) atuando também no aumento das ramificações da raiz e dos pelos radiculares (estimulação do crescimento através de hormônios vegetais), na solução do solo resulta no aumento de transferência de íons fosfatos e ocasiona mudança do equilíbrio de sorção e também condiciona no aumento da mobilidade de formas orgânicas de P por processos metabólicos que diretamente atuam na solubilização e mineralização de P nas formas pouco disponíveis orgânicas e inorgânicas (RICHARDSON, 2007).

Na solubilização são envolvidos processos metabólicos e que incluem na mineralização de P e partículas dos ânions orgânicos e prótons são associados, podendo associar-se aos íons quelantes de metais as formas complexadas de P podem facilitar a liberação do P adsorvido através de reações de câmbio de ligações (GYANESHWAR et al., 2002).

Dependendo da fonte de carbono na rizosfera é produzido o ácido orgânico p por rizobactérias, em demonstrações da capacidade de solubilização de PI são relacionadas com a natureza do ácido orgânico influenciando o tipo de mineral fosfatado (KPOMBLEKOU; TABATABAI, 1994).

### **3 METODOLOGIA**

O experimento foi implantado no Sítio Ana Emilia, em condições de campo, localizado no município de Morro Agudo-SP, cujas coordenadas geográficas são 19°42'18.7048" latitude Sul e -48°24'29.9162" longitude oeste. O canavial era soqueira de terceiro corte e a cultivar foi a RB 977570.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, 5 repetições. Cada parcela experimental foi composta de 6 linhas de 10 metros, totalizando 60m<sup>2</sup>. Avaliou-se no experimento diferentes doses de adubo químico (19-04-19) nas doses de 420, 480, 540, 600 kg ha<sup>-1</sup>, associada e não associada à aplicação de bactérias promotoras de crescimento, e doses de adubação orgânica de composto orgânico (esterco de curral) + vinhaça (15 ton ha<sup>-1</sup> + 80m<sup>3</sup>), com presença e ausência de associação com bactérias promotoras de crescimento, conforme esquema dos tratamentos na Tabela 1.

Formulado 19-04-10 nas doses de: 600 Kg ha<sup>-1</sup> (sem associação de bactérias promotoras de crescimento - testemunha); 600 Kg ha<sup>-1</sup> (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 540 Kg ha<sup>-1</sup> (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 480 Kg ha<sup>-1</sup> (com associação de bactérias promotoras de crescimento); 420 Kg ha<sup>-1</sup> (com associação de bactérias promotoras de crescimento) e com Composto orgânico + vinhaça 15 ton ha<sup>-1</sup> + 80m<sup>3</sup> (com e sem associação de bactérias promotoras de crescimento).

Na Tabela 1 é apresentado os tratamentos utilizados no experimento.

**Tabela 1.** Tratamentos e respectivas aplicações.

Tratamentos	Tipo de adubo	Dose kg ha <sup>-1</sup>	Aplicação das bactérias
T1 (testemunha)	19-04-19	600	Não
T2	19-04-19	600	Sim
T3	19-04-19	540	Sim
T4	19-04-19	480	Sim
T5	19-04-19	420	Sim
T6	Composto orgânico + vinhaça	15 ton + 80m <sup>3</sup>	Sim
T7	Composto orgânico + vinhaça	15 ton + 80m <sup>3</sup>	Não

Fonte: Própria autoria, 2022

A aplicação do adubo foi realizada manualmente de forma mais homogêneo possível. Foi medida a vazão e calculou-se o tempo para velocidade ideal para aplicação, separando o adubo por proporções adequadas aos metros lineares de cada tratamento.

O transporte da vinhaça foi feito em containers de 1000 litros calculando a vazão por gravidade e o tempo de aplicação por metro utilizando proporcionalmente a dose para 1 hectare.

Para a aplicação do composto utilizou-se a mesma metodologia de aplicação manual e pesou-se através de balança, proporcional por linha, pelo peso por hectare separou-se em sacos de nylon e para cada saco o peso proporcional para a linha de 10 metros, ou seja, utilizamos 6 sacos por bloco de tratamento, em que foi aplicado manualmente e de forma homogênea.

O mix de bactérias utilizadas foi *Azospirillum brasilienses*, *Bacillus amyloquefaciens*, *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis* e *herbaspirillum* em uma concentração 1,0 x 10<sup>8</sup>. A aplicação das



bactérias foi realizada com o implemento de corte de soqueira, cuja regulagem com vazão e velocidade em metros por segundo, com uma calda com dose de 150 L ha<sup>-1</sup>, o implemento e trator que realizou a aplicação além de cortar a soqueira, aplicava-se a calda e por fim desenleirava-se a palhada da linha da cana em todos os tratamentos.

Foi realizado uma análise de solo inicial conforme Tabela 2, 3 amostras em cada tratamento sendo 21 amostras simples formando uma amostra composta.

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo anteriormente à implantação do experimento<sup>(1)</sup>.

Perfil	M.O.	pH	P Resina	S	K+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	S	SB	CTC	V	M
	g.dm <sup>-3</sup>	CaCl2	mg.dm <sup>-3</sup>			mmol.dm <sup>-3</sup>	mmol.dm <sup>-3</sup>	mmol.dm <sup>-3</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>	mmol.dm <sup>-3</sup>		%	
0-25	22	5,6	17	4	1,9	29	7	0,7	22	4	37,9	60	63	1,0
25-50	8	4,7	11	18	0,41	9,59	3,99	0,29	20	18	13,99	34	41,16	2,03

<sup>1</sup>P Resina – Fósforo (extrator resina); M.O. – Matéria orgânica; H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; T – capacidade de troca catiônica; V – saturação por base.

Após período de 150 dias da primeira aplicação de bactérias via solo, realizou-se a segunda aplicação, via foliar com uma bomba de CO<sub>2</sub> com as bactérias nos tratamentos 2, 3, 4, 5, e 6.

Após decorrido o período de 320 dias das aplicações realizou-se a colheita manual da cana-de-açúcar dos tratamentos e foram pesados e separados cada parcela, sendo avaliada a produtividade de cana-de-açúcar em TCH (tonelada de cana por hectare), análise da qualidade em laboratório ATR (açúcar total recuperado) e análise de solo para uma comparação dos tratamentos antes das aplicações e após, conforme descritos a seguir.

Obteve-se o peso de cada tratamento proposto, em que a colheita foi realizada de forma manual para cada parcela experimental e na sequencia os feixes de cana-de-açúcar de cada parcela, foram pesados em balança de carga-de-força.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do aplicativo computacional Sisvar® (FERREIRA, 2011). Foi realizado a análise de variância (ANAVA) por meio do teste F (p<0,05) e em seguida, as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que para a variável TCH, Tabela 3, os Tratamentos com 480 t ha<sup>-1</sup> com adição de bactérias e para o tratamento com composto + vinhaça, com adição de bactérias apresentaram maior TCH, TAH e não diferiram entre si, promovendo incremento e indo de encontro com os resultados apresentados por GOSAL *et al.* (2012). Os autores observaram incremento de TCH quando houve inoculação de bactérias promotoras do crescimento em cana-de-açúcar uma vez que elas proporcionam melhor efeito fisiológico sobre o crescimento de plantas. Provavelmente, pelo fato das doses maiores de adubo químico salinizarem o solo pode ocorrer a morte da microbiota local (RATH; ROUSK, 2015), conseqüentemente, ocorre a morte das bactérias inoculadas no presente experimento.

Quanto ao ATR, Tabela 3, as associações das bactérias nas diferentes doses de formulados químicos, bem como nos tratamentos com composto orgânico + vinhaça não apresentaram diferença estatística.

**Tabela 3.** Produtividade de colmos (TCH), produtividade de açúcar (TAH) e açúcar total recuperável (ATR) da cana-de-açúcar (3º corte, variedade RB 977570 em função da aplicação de bactérias associada às diferentes doses de adubação (colheita em agosto/21, aos 320 dias após a aplicação). Sítio Ana Emilia, Morro Agudo – SP.

Tratamento	Dose de N P K <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Bactérias	TCH	TAH	ATR
			t ha <sup>-1</sup>		kg t <sup>-1</sup>
T1	600 (testemunha)	Sem	163,4 <sup>b</sup>	28,3 <sup>b</sup>	173,2 <sup>a</sup>
T2	600	Com	153,2 <sup>b</sup>	27,0 <sup>b</sup>	176,6 <sup>a</sup>
T3	540	Com	153,3 <sup>b</sup>	27,1 <sup>b</sup>	176,8 <sup>a</sup>
T4	480	Com	172,2 <sup>a</sup>	30,5 <sup>a</sup>	176,9 <sup>a</sup>
T5	420	Com	155,0 <sup>b</sup>	27,8 <sup>b</sup>	179,6 <sup>a</sup>
T6	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Com	176,3 <sup>a</sup>	30,8 <sup>a</sup>	175,0 <sup>a</sup>
T7	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Sem	158,9 <sup>b</sup>	27,7 <sup>b</sup>	174,2 <sup>a</sup>
	Média		161,8	28,5	176,0
<b>CV</b>			<b>7,9%</b>	<b>8,1%</b>	<b>2,4%</b>

Médias seguidas por letras distintas na coluna são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 0,1 de significância.

<sup>(1)</sup> Dose definida de acordo com a adubação recomendada pela usina – 600 kg ha<sup>-1</sup> corresponde à 100% da dose recomendada.

<sup>(2)</sup> Composto orgânico (15 t ha<sup>-1</sup>) + vinhaça (80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Para a variável produtividade de açúcar (TCH), Tabela 3, observou diferença significativa nos tratamentos em que utilizou a combinação de composto e vinhaça, com presença de bactérias, além de apresentar comportamento superior no tratamento com 480 t ha<sup>-1</sup> com adição de bactérias (7%), frente aos tratamentos a

doses de adubação de 600, 540 e 420 t ha<sup>-1</sup> com presença de bactérias e também o tratamento com a combinação de composto e vinhaça, com ausência de bactérias. Para a variável açúcar total recuperável não houve diferença significativa para todos os tratamentos.

Quanto aos teores de Teores de K, P, Ca, Mg, matéria orgânica (MO) e pH na camada de 0-20 (Tabela 4), para os formulados químicos, a dose de 540 kg ha<sup>-1</sup> com adição de bactérias disponibilizou mais P e K e de 420 kg ha<sup>-1</sup> com adição de bactérias aumentou a disponibilidade Ca ao solo.

O Composto + vinhaça associado às bactérias foi o que teve maior disponibilização de nutrientes quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 3), mais uma vez evidenciando a ação dos microrganismos no processo de disponibilização de nutriente ao solo (RYAN et al., 2009).

**Tabela 4.** Teores de K, P, Ca, Mg, matéria orgânica (MO) e pH na camada de 0-20 cm de solo cultivado com cana-de-açúcar (3º corte, cultivar RB 977570 em função da aplicação de bactérias associada às diferentes doses de N, P, K (colheita em agosto/21, aos 320 dias após a aplicação). Sítio Ana Emilia, Morro Agudo – SP.

Tratamento	Dose de N P K <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Bactérias	P	K	Ca	Mg	MO	pH
			-----mg dm <sup>-3</sup> ---	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----	g dm <sup>-3</sup>			
T1	600 (testemunha)	Sem	11,5 <sup>f</sup>	26,0 <sup>e</sup>	1,21 <sup>d</sup>	0,36 <sup>e</sup>	12,5 <sup>b</sup>	5,05 <sup>d</sup>
T2	600	Com	9,0 <sup>g</sup>	23,6 <sup>f</sup>	1,21 <sup>d</sup>	0,41 <sup>d</sup>	12,5 <sup>b</sup>	4,95 <sup>e</sup>
T3	540	Com	26,0 <sup>b</sup>	31,5 <sup>d</sup>	1,05 <sup>f</sup>	0,37 <sup>e</sup>	11,3 <sup>c</sup>	4,83 <sup>f</sup>
T4	480	Com	16,0 <sup>d</sup>	21,9 <sup>f</sup>	1,11 <sup>e</sup>	0,37 <sup>e</sup>	12,3 <sup>b</sup>	5,00 <sup>d</sup>
T5	420	Com	13,0 <sup>e</sup>	36,4 <sup>c</sup>	1,45 <sup>c</sup>	0,42 <sup>c</sup>	11,3 <sup>c</sup>	5,13 <sup>c</sup>
T6	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Com	64,7 <sup>a</sup>	65,4 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>
T7	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Sem	23,7 <sup>c</sup>	52,8 <sup>b</sup>	1,95 <sup>b</sup>	0,80 <sup>b</sup>	14,5 <sup>a</sup>	5,60 <sup>b</sup>
	Média		23,4	36,8	1,5	0,5	12,8	5,2
CV			5,8%	4,5%	1,8%	2,1%	3,7%	0,9%

Médias seguidas por letras distintas na coluna são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 0,1 de significância.

<sup>(1)</sup> Dose definida de acordo com a adubação recomendada pela usina – 600 kg ha<sup>-1</sup> corresponde à 100% da dose recomendada.

<sup>(2)</sup> Composto orgânico (15 t ha<sup>-1</sup>) + vinhaça (80 m<sup>3</sup>ha).

Quanto aos teores de Teores de K, P, Ca, Mg, matéria orgânica (MO) e pH na camada de 20-40 (Tabela 5), observa-se que todos os tratamentos tratados com as bactérias promotoras de crescimento apresentaram maior liberação dos nutrientes, com exceção do 420 kg ha<sup>-1</sup> com adição de bactérias. Provavelmente, os nutrientes desse tratamento ficaram retidos prioritariamente na camada de 0-20 cm.

Para a aplicação dos tratamentos com 480 kg ha<sup>-1</sup> e composto mais vinhaça, ambos com a aplicação das bactérias, tiveram diferença estatísticas dos outros tratamentos com relação ao TCH, Tabela 3, mostrando que em baixas doses de adubo químico que contém cloreto de potássio, apresentou melhor ação quando associadas às bactérias e no composto com vinhaça também apresentou maior TCH, mostrando uma ação melhor das bactérias promotoras de crescimentos de plantas. Yan et al. (2020), promoveram vários estudos que indicam que atividade e biomassa microbiótica pode reduzir por causa da salinidade do solo ameaçando o ecossistema e a agricultura por reduzir a atividade e o crescimento das plantas.

**Tabela 5.** Teores de K, P, Ca, Mg, matéria orgânica (MO) e pH na camada de 20-40 cm de solo cultivado com cana-de-açúcar (3º corte, variedade RB 977570 em função da aplicação de bactérias associada às diferentes doses de N, P, K (colheita em agosto/21, aos 320 dias após a aplicação). Sítio Ana Emilia, Morro Agudo – SP.

Tratamento	Dose de N P K <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Bactérias	P	K	S	Ca	Mg	MO	pH
			--- mg dm <sup>-3</sup> ---			--cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --		g dm <sup>-3</sup>	
T1	600 (testemunha)	Sem	23,0 <sup>g</sup>	25,8 <sup>c</sup>	4,7 <sup>b</sup>	1,0 <sup>c</sup>	0,3 <sup>d</sup>	10,7 <sup>b</sup>	4,9 <sup>c</sup>
T2	600	Com	63,7 <sup>d</sup>	19,8 <sup>d</sup>	6,7 <sup>a</sup>	0,7 <sup>d</sup>	0,2 <sup>e</sup>	9,7 <sup>c</sup>	4,7 <sup>e</sup>
T3	540	Com	87,3 <sup>b</sup>	27,0 <sup>c</sup>	5,0 <sup>b</sup>	0,9 <sup>c</sup>	0,3 <sup>d</sup>	10,0 <sup>c</sup>	4,8 <sup>d</sup>
T4	480	Com	78,3 <sup>c</sup>	27,9 <sup>c</sup>	4,7 <sup>b</sup>	0,9 <sup>c</sup>	0,4 <sup>c</sup>	10,7 <sup>b</sup>	4,9 <sup>c</sup>
T5	420	Com	37,7 <sup>e</sup>	26,2 <sup>c</sup>	3,7 <sup>c</sup>	1,0 <sup>c</sup>	0,4 <sup>c</sup>	9,0 <sup>c</sup>	5,0 <sup>c</sup>
T6	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Com	136,0 <sup>a</sup>	54,1 <sup>a</sup>	3,0 <sup>c</sup>	1,8 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	12,0 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>
T7	Composto + vinhaça <sup>(2)</sup>	Sem	32,0 <sup>f</sup>	46,9 <sup>b</sup>	4,3 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	0,5	12,0 <sup>a</sup>	5,3 <sup>b</sup>
	Média		65,4	32,5	4,6	1,1	0,4	10,6	5,0
CV			2,8%	5,7%	11,5%	4,6%	16,0%	6,0%	0,8%.

Médias seguidas por letras distintas na coluna são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 0,1 de significância.

<sup>(1)</sup>Dose definida de acordo com a adubação recomendada pela usina – 600 kg ha<sup>-1</sup> corresponde à 100% da dose recomendada.

<sup>(2)</sup> Composto orgânico (15 t ha<sup>-1</sup>) + vinhaça (80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Observou-se que houve um incremento na CTC no solo, em que se aplicou composto com vinhaça e, também a quantidade de P resina apresentou muito maior quando houve aplicação de bactérias promotoras de crescimento (CAMILOTTI et al. 2006). Ainda, foi notório a elevação do pH nos tratamentos em que houve aplicação de bactérias, juntamente com a o aumento da ativação biológica, proporcionando maior desenvolvimento para as plantas e conseqüentemente maior produtividade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As melhores produtividades em TCH e TAH foram observadas com a dose do fertilizante químico 480 Kg ha<sup>-1</sup> e aplicação do composto orgânico + vinhaça ambos associados com bactérias promotoras de crescimento.

O emprego de composto orgânico + vinhaça associado com bactérias promotoras de crescimento apresenta excelente performance na disponibilização de nutrientes na camada arável do solo (0-20 cm).

A adubação com composto orgânico é viável como forma de adubação de cobertura para a cana-de-açúcar visando nutrição da cultura, sendo alternativa para o produtor do interior paulista.

O emprego de bactérias promotoras de crescimento aplicadas em cana-de-açúcar proporcionou maior TCH e TAH tanto na adubação química quanto na adubação com composto + vinhaça.

É necessário que seja realizado mais estudos nessa área para que se crie novos conceitos para a adubação da cana-de-açúcar visando melhorar o aproveitamento dos nutrientes e aumentar a atividade dos microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de nutrientes no solo.

## 6 REFERÊNCIAS

ASARI, S.; TARKOWSKÁ, D.; ROLCÍK, J.; NOVÁK, O.; PALMERO, D. V.; BEJAI, S.; MEIJER, J. Analysis of plant growth-promoting properties of *Bacillus amyloliquefaciens* UCMB5113 using *Arabidopsis thaliana* as host plant. **Planta**, v. 245, n. 1, p. 15-30, 2017

BODDEY, R. M. et al. Endophytic nitrogen fixation in sugarcane: present knowledge and future applications. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 139–149, maio 2003.

CAMILOTTI, F. et al. **Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça**. 26. ed. Engenharia Agrícola: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 738-747 p. v. 3.

CONAB, Companhia Nacional De Abastecimento et al. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: SAFRA 2020/2021. **BOLETIM DA SAFRA DE CANA-DE-AÇÚCAR**, vol. 7, n. 4, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CRUZ, K. H. S.; BODDEY, R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane. Nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society of America**

**Journal**, v. 56, n. 1, p. 105–114, 1992.

DANIELS, J.; SMITH, P.; PATON, N.; WILLIAMS, C.A. The origin of the genus *Saccharum*. **Sugarcane Breeding News** 36:24–39, 1975.

DLARI, A.B.; CRUZ, R.L.; GARCIA, C.J.B.; DUENHAS, L.H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. *Irriga*, v.13, p.1-11, 2008.

ESTRADA-ORTIZ, E. et al. The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 13, n. ahead, p. 0–0, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; SCARPARI, M. S.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. **O Instituto Agrônômico (IAC) e fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar até o fim do século XX**. 1 ed. Campinas: IAC, 2011. p. 47.

GOSAL, S. K. et al. Assessing the Benefits of Azotobacter Bacterization in Sugarcane:A Field Appraisal. **Sugar Tech**, v. 14, n. 1, p. 61–67, 20 mar. 2012.

LIU, L. et al. **Induction of systemic resistance in cucumber against fusarium wilt by plant growth-promoting rhizobacteria**. 85. ed. Biological control institute, Alabama: The American Phytopathological Society, 1995. 695-698 p. v. 6. ISBN 0031-949X.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3º Ed. São Paulo, Agrônômica Ceres, 596p, 1981.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

MUKHERJEE, S.K. Origin and distribution of *Saccharum*. **Botanical Gazette** 119:55–61, 1957.

MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R. Fisiologia da maturação e maturadores em cana-de-açúcar. In: Silva FC, Alves BJR, Freitas PL (Eds.) **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília: Embrapa, p. 222-287, 2015.

PEDRAZA, R. O. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 125, n. 1, p. 25–35, 30 jun. 2008.

PEREIRA, W. et al. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. n. 2, p. 363–370, 2013.

RATH, K. M.; ROUSK, J. Salt effects on the soil microbial decomposer community and their role in organic carbon cycling: A review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 81, p. 108-123, 2015.

RIBEIRO, V.H.; GONÇALVES JUNIOR, F.A.; PAIVA, R.G. Transformações da paisagem rural da microrregião de Paranavaí-PR e expansão da cana-de-açúcar nos municípios de Tamboara e Itaúna do sul de 1970-2012. **Revista Percurso**, 5:55-86, 2018.

ROCHA, F. R. et al. Signal transduction-related responses to phytohormones and environmental challenges in sugarcane. **BMC genomics**, v. 8, p. 71, 13 mar. 2007.  
SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v.111, p.743-767, 2013.

SANTOS, H.; LAMOSA, P.; COSTA, M. S. Extremófilos: microrganismos à prova de agressões ambientais extremas. **Boletim de Biotecnologia**, Lisboa, v. 69.p. 2-10, 2021.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: Segato SV, Pinto AS, Jendiroba E (Eds.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, p.19-36, 2006.

SUMAN, A. et al. Molecular assessment of diversity among endophytic diazotrophs isolated from subtropical Indian sugarcane. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 39–45, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; SANTARÉM, E. R. **Fisiologia vegetal**. [s.l.] Artmed, 2009.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo, Andrei, p. 718, 2007.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K. H. S.; and BODDEY, R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 1, p. 105-114, 1992.

YAN, N.; MARSCHNER, P.; CAO, W.H.; ZUO, C.Q.; QIN, W. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. **Int Soil Water Conserv Research**, v. 3, págs. 316–323, 2020.

ZAHIR, Q.; FONG S. S. Bacterial chitinase: nature and perspectives for sustainable bioproduction. **Bioresources and Bioprocessing**, V2 n.1, p. 31, 2004.

WINANS, S. C.; BRENCIC, A. Detection of and response to signals involved in host-microbe interactions by plant-associated bacteria. **Microbiol. Mol. Bio. Rev.**, v. 69, p.155-194, 2005.