



AGRONOMIA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO DA CANA-DE-
AÇÚCAR ADUBADA COM ORGANOMINERAL DE LODO DE
ESGOTO E BIOESTIMULANTE**

FELIPE GARCIA DE MENEZES

MORRINHOS, GO

2017

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS

AGRONOMIA

QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO DA CANA-DE-
AÇÚCAR ADUBADA COM ORGANOMINERAL DE LODO DE
ESGOTO E BIOESTIMULANTE

FELIPE GARCIA DE MENEZES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos,
como requisito parcial para a obtenção do Grau
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. MSc. Emmerson Rodrigues de Moraes

MORRINHOS – GO

NOVEMBRO, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

M541q Menezes, Felipe Garcia de.

Qualidade tecnológica e rendimento da cana-de-açúcar adubada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. / Felipe Garcia de Menezes. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2017.
21 f. : il. color.

Orientador: Me. Emmerson Rodrigues de Moraes
Coorientador: Dr. Rodrigo Vieira da Silva

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2017.

1. *Saccharum* spp. 2. Fitohormônios. 3. biossólido.
I. Moraes, Emmerson Rodrigues de. II. Silva, Rodrigo Vieira da. III. Instituto Federal Goiano. Curso de Bacharelado em Agronomia. IV. Título

CDU 633.61

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS

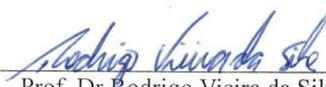
**QUALIDADE TECNOLÓGICA E RENDIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR
ADUBADA COM ORGANOMINERAL DE LODO DE ESGOTO E
BIOESTIMULANTE**

FELIPE GARCIA DE MENEZES

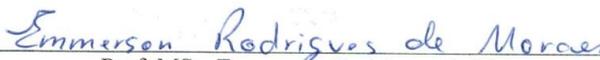
Trabalho de Conclusão de curso DEFENDIDO e APROVADO em 23 de novembro de 2017
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Profa. Dr^a Atalita Francis Cardoso
Membro Externo
UniCerrado



Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva
Membro Interno
IF Goiano / Morrinhos



Prof. MSc. Emmerson Rodrigues de Moraes
Orientador
IF Goiano – Morrinhos

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus que me concedeu a graça e saúde para poder alcançar esse objetivo em minha vida. Aos meus pais Acrécio G. Amaro e Eliana G. de Menezes, meu irmão Anderson G. de Menezes que acreditaram e investiram em mim durante todos esses anos. Aos meu amigos e colegas pelos incentivos e pelo apoio. E, por fim, ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos-GO que, juntamente com todos os professores e técnicos administrativos, concederam a honra de estudar e trabalhar.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por nos dar graça e força durante a jornada de nossas vidas e a minha família que sempre estiveram ao meu lado durante essa conquista.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos que me deu suporte para a realização deste curso. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas, a Companhia Mineira de Açúcar e Álcool (CMAA) - Vale do Tijuco, Araporã Bioenergia e Stoller do Brasil, pelo fornecimento dos insumos. Aos meus amigos com quem compartilhei experiências e vivenciei amizades.

A todos os professores do curso que foram importantes para minha vida acadêmica e, especialmente, ao professor, Emmerson Rodrigues pelo incentivo e orientação deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÃO.....	188
5. REFERÊNCIAS	18

Resumo

Menezes, Felipe Garcia. **Qualidade tecnológica e rendimento da cana-de-açúcar adubada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Morrinhos, Morrinhos Goiás, 2017.

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) possui grande importância no contexto nacional, pela a produção de etanol e de açúcar, sendo produtos destinados ao mercado interno e externo, fazendo, assim, o Brasil o maior produtor mundial. A região Centro-Sul se destaca com na produção da cultura, com os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás correspondendo por cerca de 80% da produção nacional. Sendo de grande importância estudar o uso de fertilizantes organominerais. Estudos com o uso desses fertilizantes geram expectativas quanto eficiência, economia, e sustentabilidade das adubações. O lodo de esgoto desinfetado (biossólido) é um resíduo sólido resultante de processos de tratamento biológico de esgoto e é uma das alternativas organominerais, para a fertilização de culturas de valor econômico embora, tenha-se poucos trabalhos relacionados ao uso do lodo de esgoto na cultura da cana-de-açúcar. Portanto, objetivou-se, nesse trabalho, avaliar a qualidade tecnológica e o rendimento da cana-de-açúcar sob adubação com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante em solo de alta fertilidade. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial $5 \times 2 + 1$, sendo cinco tratamentos (0%; 60%; 80%; 100%; e 120% uso de organomineral), na presença e na ausência do bioestimulante mais um adicional (adubação mineral) em quatro repetições. As unidades experimentais constituíram de 9 m de largura x 10 m de comprimento, compostas por seis linhas de cana-de-açúcar foram espaçadas em 1,5 m. Foi utilizado bioestimulante enraizador. As variáveis avaliadas foram: pureza, fibra, brix, ATR (Açúcar Totais Reduzidos), TPH (Toneladas Por Hectare de colmo), litros de etanol, comprimento, diâmetro e a produtividade da cana-de-açúcar. Verificou-se que com o uso de bioestimulante aumenta a produtividade de colmos por hectare, que o fertilizante organomineral a base de biossólido é semelhante ao uso do fertilizante mineral. Mas o uso do bioestimulante e do fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto são alternativas para a fertilização sustentável do solo e a ciclagem de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Fitohormônios; *Saccharum* spp.; biossólido.

Abstract

Menezes, Felipe Garcia. **Technological quality and yield of sugar cane fertilized with organomineral sewage sludge and biostimulant**. 2017. Course completion work (Bachelor's Degree in Agronomy). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano-Campus Morrinhos, Morrinhos Goiás, 2017.

Sugar cane (*Saccharum* spp.) is of great importance in the national context, due to the production of ethanol and sugar, being products destined to the domestic and foreign market, making Brazil the largest producer in the world. The Central-South region stands out in the production of culture, with the states of São Paulo, Minas Gerais and Goiás corresponding to about 80% of the national production. It is of great importance to study the use of organomineral fertilizers. Studies with the use of these fertilizers generate expectations regarding efficiency, economy, and sustainability of fertilization. Disinfected sewage sludge (biosolids) is a solid residue resulting from processes of biological treatment of sewage and is one of the organomineral alternatives for the fertilization of crops of economic value, although there are few studies related to the use of sewage sludge in culture of sugarcane. Therefore, the objective of this work was to evaluate the technological quality and yield of sugar cane under organomineral fertilization with sewage sludge and biostimulant in high fertility soil. The experimental design was a randomized block design in a 5 x 2 +1 factorial scheme, with five treatments (0%, 60%, 80%, 100% and 120% use of organomineral) in the presence and absence of the biostimulant an additional (mineral fertilization) in four replicates. The experimental units consisted of 9 m wide x 10 m long, composed of six lines of sugar cane were spaced at 1.5 m. Biostimulating rooting was used. The variables evaluated were: purity, fiber, brix, ATR (Reduced Total Sugar), TPH (Tonnes per Hectare of stem), liters of ethanol, length, diameter and yield of sugarcane. It was verified that with the use of biostimulant increases the yield of stalks per hectare, that organomineral fertilizer based on biosolid is similar to the use of the mineral fertilizer. But the use of biostimulant and organomineral fertilizer based on sewage sludge are alternatives for the sustainable fertilization of the soil and the cycling of nutrients for the sugar cane crop.

Keywords: Phytohormones; *Saccharum* spp.; biosolids.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) tendo esta cultura grande importância para o agronegócio brasileiro. A produção de cana-de-açúcar, estimada para a safra 2017/18, é de 646,40 milhões de toneladas. Os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais correspondem por cerca de 80% da produção nacional, com a área de cultivo de cana-de-açúcar, no Brasil, cerca de 8,7 milhões de ha (CONAB, 2017).

A cana-de-açúcar é a principal cultura utilizada no Brasil para a produção de etanol e açúcar. É importantes *commodities* do agronegócio brasileiro e que é consumida em grande escala no mercado nacional. Além de ser a matéria prima importante no quesito energético, uma vez que gera energia limpa e renovável é também destinada para a produção de cachaça e doces (BINI et al., 2015).

Para atingir bons níveis de produtividade, a cultura da cana-de-açúcar demanda de altas quantidades de nutrientes, especialmente potássio, nitrogênio e fósforo que são supridas pelo o uso de fertilizantes minerais. A alta necessidade em nutrientes é decorrente da elevada produção de biomassa por área e da remoção de grande parte dessa massa vegetal, no processo da colheita. Estes fertilizantes usados para a adubação dessa cultura em sua maior parte, são importados de outros países e com altos custos o que onera o custo de produção. Uma alternativa para que a adubação seja realizada de maneira eficaz, sem comprometer o desenvolvimento da planta e o meio ambiente, é por meio da utilização de adubação sustentável. Dentre eles, o uso de fertilizantes organominerais. Esses fertilizantes são constituídos pela a mistura de fertilizantes orgânicos, oriundos de dejetos de animais ou de vegetal, com fertilizantes minerais (RABELO, 2015).

Com aumento populacional tem gerado grande quantidade de resíduos sólidos e águas residuárias de esgoto, tornando dejetos com dificuldade de destinação. Uma maneira de reduzir os efeitos da poluição ambiental oriundos da presença desses resíduos sólidos é por meio do tratamento, dando origem a um material pastoso conhecido como lodo de esgoto. Constituído basicamente de matéria orgânica, água e elementos minerais, o lodo de esgoto tem o potencial de ser utilizado na nutrição mineral das plantas, tanto como fertilizante quanto condicionador do solo (SILVA et al., 2002). Vale ressaltar, que para esta finalidade é importante conhecer a composição química do lodo de esgoto, o nível de nutrientes do solo e a necessidade nutricional da espécie vegetal a ser cultivada na área (DEEKS et al., 2013).

Estudos com o uso de fertilizantes organominerais na cultura da cana-de-açúcar tem grande expectativa na eficiência, economia e sustentabilidade das fertilizações. Conforme

resultado obtidos por Gurgel et al. (2015), a sua utilização pode substituir de forma parcial ou total os fertilizantes minerais, além de diminuir o grande volume de resíduos das agroindústrias e urbanos. Do ponto de vista econômico e ambiental, para as usinas sucro-energéticas esta atitude torna-se cada vez mais importante de modo a atender a expectativa de uma sociedade cada vez mais exigente por medidas mais sustentáveis.

Em estudos realizados por Macedo et al. (2012) cultivando milho, verifica-se que o lodo de esgoto é fonte de N, P, K, Ca, Mg e Zn. Já Silva et al. (2010) avaliou o efeito do lodo de esgoto em um Argissolo Vermelho – Amarelo cultivado com cana-de-açúcar e constatou que as doses de lodo de esgoto utilizadas a biomassa e a produtividade da cultura, sendo possível a utilização do lodo de esgoto como fertilizante na cultura.

O lodo de esgoto possui inúmeras vantagens, tal como: aumento de produtividade e rendimento em sacarose na cana-de-açúcar por ser rico em nutrientes, da fertilidade do solo e fornecimento de nutrientes, da porosidade total e macroporosidade, diminuição na densidade do solo, aumenta a CTC do solo, influencia o pH do solo e enriquece-o, principalmente em Ca e Mg (SILVA et al. 2010; BONINI et al. 2015).

Pesquisas que revelam a eficiência da utilização de fertilizantes organominerais são necessárias para elucidar as melhorias na preservação ambiental, na qualidade do solo e nos retornos econômicos que são proporcionados da sua utilização.

Os nutrientes como potássio e nitrogênio interferem diretamente na qualidade tecnológica do caldo da cana-de-açúcar, como foi descrito por Oliveira et al. (2012) em que o excesso da quantidade de nitrogênio no solo reduz o teor de sacarose da planta, por aumentar o período vegetativo dela, mas elevando a produtividade da cultura. O aumento de potássio no solo favoreceu o acúmulo, translocação e a síntese de sacarose afetando diretamente na qualidade do caldo.

Já para solos que possuem alta quantidade de fósforo resulta em aumento das qualidades tecnológicas do caldo. A adubação fosfatada interfere diretamente na fotossíntese, assim, a maior produção de fotoassimilados e conseqüentemente, maior qualidade do caldo (SANTOS et al., 2011).

Os bioestimulantes são substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicados diretamente nas plantas, para alterar seus processos vitais e estruturais, para aumentar produção e a qualidade de culturas de interesse econômico (LACA-BUENDIA, 1989). As suas aplicações mantem o equilíbrio hormonal da planta, tornando-a menos suscetível a estresses. O uso de bioestimulante na cana-de-açúcar está sendo uma pratica usual por usinas sucro-energéticas para o aumento da produtividade e o rendimento industrial (COSTA et al., 2011). São produtos

que tem grande potencial para a utilização na agricultura orgânica. Várias são as substâncias que compõem esses produtos, principalmente fitohormônios como auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e outras análogas (CATO, 2006).

Objetivou-se com este trabalho analisar as variáveis de qualidade tecnológica do caldo e o rendimento da cana-de-açúcar sob adubação com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante em solo de boa fertilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Morrinhos - GO, localizado nas coordenadas 17° 48' 33,7" S e 49° 12' 19,9" W, a uma altitude de aproximadamente 900 metros. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo estrófico (EMBRAPA, 2013). Dados meteorológicos foram coletados durante a execução do trabalho via estação meteorológica que se localiza na própria instituição (Figura 1).

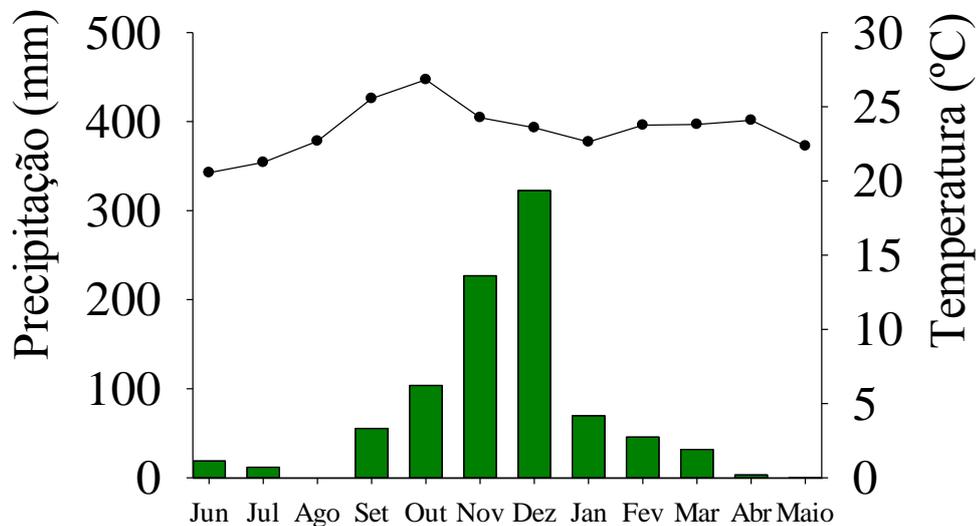


Figura 1. Média da precipitação (mm) e temperatura (°C) da área experimental durante o ciclo da cultura. Morrinhos, GO – 2017.

O fertilizante organomineral foi produzido a partir do lodo de esgoto higienizado extraído da estação de tratamento de esgoto do departamento municipal de água e esgoto da cidade de Uberlândia - MG. O esgoto foi centrifugado separando-se os sólidos. Este era composto por 70% de umidade e 30% de sólidos. O lodo de esgoto, ainda, úmido passou por tratamento químico incorporando-se 30% de cal hidratada sobre a parte sólida existente no

centrifugado. Após, incorporando com uso de betoneira, o material foi acondicionado em recipientes retangulares de zinco galvanizado (30 x 30 x 100 cm). Estes foram cobertos por uma lona transparente e expostos à luz solar e raios ultravioletas por 15 dias consecutivos. Posteriormente, retirou-se a lona deixando-se secar ao sol até por aproximadamente 30 dias, estabilizando em 20% de umidade. Após o material estar seco e desinfetado foi realizada a caracterização química dele (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do biossólido extraído da estação de tratamento de esgoto do departamento municipal de água e esgoto da cidade de Uberlândia - MG. Morrinho, GO – 2017.

Atributo	Unid.	Base Seca 110°C	Atributo	Unid.	Base Seca 110°C
pH CaCL2	pH	8.10	Enxofre	%	1.31
Densidade	g cm ⁻³	0.66	Boro	mg kg ⁻¹	10
Umidade Total	%	10.96	Sódio	mg kg ⁻¹	201
Nitrogênio Total	%	0.99	Manganês	mg kg ⁻¹	209
Mat. Orgânica Total	%	49.90	Cobre	mg kg ⁻¹	135
Carbono Total	%	27.72	Zinco	mg kg ⁻¹	1042
Resíduo Mineral Total	%	50.67	Ferro	mg kg ⁻¹	27236
Relação C/N	%	28/1	Cadmo	mg kg ⁻¹	1.4
Fósforo	%	2.80	Mercúrio	mg kg ⁻¹	0.7
Potássio	%	0.30	Cromo	mg kg ⁻¹	931
Cálcio	%	8.25	Níquel	mg kg ⁻¹	250
Magnésio	%	2.48			

N - [N Total] = Digestão Sulfúrica. P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn = Digestão Nitro Perclórico. B = Colorimétrico Azometina-H. Metodologias baseadas em Embrapa (2011).

Com base na análise química do biossólido e na necessidade de adubação de plantio (formulação 04-21-07) foi homogeneizado 39.3% de biossólido, 12.2 % de cloreto de potássio (58% K₂O) farelado, 47% de fosfato monoamônico (12% N e 44% de P₂O₅) farelado e 1.5% de água. Para a adubação de cobertura (formulação 07-00-28 + 0,7% de B) 31 % de biossólido, 15% de uréia polimerizada (45% N), 48.3% de cloreto de potássio farelado, 4.2% de ácido bórico e 1.50% de água.

Este foi o primeiro ano de cultivo de cana-de-açúcar numa área que, historicamente, por aproximadamente quinze anos cultivou-se milho e soja em anos alternados, permanecendo em pousio nos demais meses do ano, em todas as safras, decorrente a este histórico de cultivo a área não possui características de ser um solo distrófico com base na análise química dele. Foram realizadas amostragens nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm (Tabela 2). A caracterização física do solo teve 40,9% de argila, 21,2% de silte e 37,9% de areia. Fez-se fosfatagem a lanço com 800 kg ha⁻¹ de termofosfato yorim (16% P₂O₅; 18% Ca; 7% Mg; 0,10%

B; 0,05% Cu; 0,30% Mn; 10% Si; 0,55% Zn). Fez-se uma gradagem com grade aradoura intermediária 16 x 28" e nivelamento do solo com grade niveladora 36 x 22". Foram semeadas 30 kg ha⁻¹ de sementes de *Crotalaria juncea* L. e no intenso florescimento, aproximadamente 90 dias após a semeadura foi realizado o corte. Após quatro meses da roçagem fez-se uma dessecação com 3,0 L.ha⁻¹ de glyphosate e 1,0 L.ha⁻¹ de 2, 4-D.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento. Morrinhos, GO – 2017.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O) 1:2,5	Ca -----cmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----cmol _c dm ⁻³ -----	Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	P --Mg dm ⁻³ -- -	K -----cmol _c dm ⁻³ -----	H+Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	T -----cmol _c dm ⁻³ -----	V -----%-----	M -----g kg ⁻¹ -----	M.O. -----g kg ⁻¹ -----
0-20	6,0	2,1	0,6	0,0	11,6	136	2,5	5,55	55	0	2,7
20-40	5,9	1,2	0,3	0,0	3,0	55	2,5	4,14	40	0	1,1

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich⁻¹); H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio, M.O. = Método Colorimétrico. Metodologias baseadas em Embrapa (2011).

O plantio ocorreu em período com baixa disponibilidade pluviométrica, foi realizada a irrigação da área com uma lâmina semanal de 10 mm diretamente no sulco, dividida duas vezes por semana por um período oito semanas. A irrigação foi realizada manualmente com auxílio de reservatório de água acoplado a um trator.

Para controle das plantas daninhas foi utilizado os herbicidas diuron, hexazinona e MSMA nas doses de 3,2; 5,0 e 3,0 L.ha⁻¹, respectivamente. O controle de formigas e cupins foi realizado com o princípio ativo fipronil aplicados no sulco de plantio na dosagem de 2,5 g.ha⁻¹ de fipronil.

Os sulcos para plantio foram abertos com sulcador “bico de pato”. Para o plantio utilizou-se cana planta de 12 meses de idade e densidade de plantio de 15 a 18 gemas metro⁻¹ a profundidade de 30 a 40 cm. O experimento foi implantado em Junho de 2015 com a cultivar RB 92 579. A recomendação de adubação de plantio foi de 470 kg ha⁻¹ da formulação 04-21-07 e cobertura de 400 kg ha⁻¹ da formulação 07-00-28 + 0,7% de B (Boro) adicionados aos 150 dias após plantio DAP.

As combinações dos tratamentos foram em função da recomendação de adubação de plantio, consistindo: 100% com fonte mineral; 0; 60; 80; 100 e 120% (Com e Sem Bioestimulante) da fonte organomineral de bioestímulo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 +1 sendo o primeiro fator as doses do lodo de esgoto e o segundo o bioestimulante (com ou sem)

mais um, adicional (adubação mineral) em quatro repetições, totalizando 11 tratamentos formando 44 unidades experimentais. As unidades experimentais constituíram de 9 m de largura x 10 m de comprimento, compostas por seis linhas de cana-de-açúcar em espaçamento de 1,5 m. A área útil foi considerado quatro linhas centrais da parcela, desprezando-se 1,0 m em cada extremidade totalizando 60 m². A área total de cada parcela foi de 90 m². Carreadores foram espaçados de 3,0 m entre parcelas e blocos. A recomendação de adubação de plantio foi atendida, utilizando-se as fontes organomineral a base de lodo de esgoto e mineral. Foi utilizado bioestimulante enraizador (0,09 g dm⁻³ de citocinina, 0,05 g dm⁻³ de auxina e 0,05 g dm⁻³ de giberelina) via inoculação (0,75 L ha⁻¹) e volume de calda de 100 L ha⁻¹ sobre o tolete no sulco de plantio.

Aos 370 dias após o plantio foi realizada a contagem de números de todos os colmos dentro da área útil de cada linha, realizou-se mensuração de doze colmos escolhidos ao acaso as seguintes variáveis: comprimento, diâmetro e a produtividade de colmos de cada parcela.

No mesmo período, realizou-se o corte manual para avaliação das variáveis tecnológicas, amostrando-se doze colmos seguidos em cada parcela experimental. Os feixes foram enviados ao laboratório de análise tecnológica para determinação do teor aparente de sólidos solúveis presentes no caldo (Brix%) da cana, por refratometria; a polarização (Pol%) da cana e a fibra% da cana, pelo método baseado na regressão linear com o peso do bolo úmido (PBU) e os açúcares redutores totais (ART), segundo a metodologia vigente no SPCTS (Sistema de Pagamento da cana-de-açúcar, pelo Teor de Sacarose) descritas em Fernandes (2003). Obteve-se a produtividade de açúcar (TPH) por meio do produto entre a produtividade de colmos (TCH), conforme dados obtidos no mesmo experimento e publicados por Santos (2009) e a concentração de sacarose (pol cana) correspondente a cada parcela, dividido por 100.

Os resultados foram submetidos a análise de variância, realizada pelo teste F, a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey e Dunnett a 5% de significância software “Assistat 7.7 Beta” (SILVA & AZEVEDO, 2016) e IBM SPSS Statistics versão 20.0. (Marôco, 2011). O ajuste das equações de regressão foi escolhido com base na significância dos coeficientes de regressão a 5% de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R²). Foi feito os testes de pressuposições referente à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias a 1% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis pureza, fibra, Brix, ATR, TPH e litros etanol (Tabela 3) não foram influenciadas ($P>0,05$) pela fonte de fertilizante organomineral de biossólido e a fonte mineral. As doses do fertilizante organomineral também não influenciaram ($P>0,05$) nas mesmas variáveis.

Tabela 3. Médias dos valores de pureza, Fibra%, Brix, ATR, TPH e litros etanol da cana-de-açúcar em função do percentual da dose de adubação com e sem bioestimulante em Morrinhos, Morrinhos, GO – 2017.

Bioestimulante	-----Percentual da recomendação (%)-----					
	0	60	80	100	120	Media
	----- Pureza (%) -----					
Sem	87,29	85,15	84,33	86,63	85,99	85,88 A
Com	86,56	85,05	86,82	86,44	87,67	86,51A
	Mineral 100 % =86,47					
	CV (%)=1,89; DMS _{Bioestimulante} = 1,05; DMS _{Mineral} = 3,33					
	----- Fibra (%) -----					
Sem	11,93	12,27	12,21	11,98	11,73	12,02 A
Com	12,36	12,58	12,02	11,94	11,60	12,10A
	Mineral 100 % =11,77					
	CV (%)=3,46; DMS _{Bioestimulante} = 0,26; DMS _{Mineral} = 0,85					
	----- Brix (%) -----					
Sem	21,99	22,03	21,72	22,24	22,38	22,07 A
Com	21,91	21,73	22,39	21,80	21,74	21,91A
	Mineral 100 % =21,93					
	CV (%)=2,85; DMS _{Bioestimulante} = 0,40; DMS _{Mineral} = 1,28					
	----- ATR (kg t ⁻¹)-----					
Sem	161,78	157,93	154,66	162,47	163,11	159,99A
Com	158,86	154,94	163,68	159,12	160,83	159,49A
	Mineral 100 % = 160,47					
	CV (%)=3,31; DMS _{Bioestimulante} =3,42; DMS _{Mineral} =10,81					
	----- TPH (t ha ⁻¹) -----					
Sem	17,66	18,86	19,01	20,24	20,78	19,31 B
Com	21,35	19,82	22,46	22,14	23,23	21,80A
	Mineral 100 % = 20,57					
	CV (%)=8,23; DMS _{Bioestimulante} =1,09; DMS _{Mineral} =3,46					
	----- Litros Etanol (L t ⁻¹) -----					
Sem	96,52	94,22	92,27	96,93	97,31	95,45A
Com	94,78	92,44	97,65	94,93	95,95	95,15A
	Mineral 100 % = 95,74					
	CV (%)=3,31; DMS _{Bioestimulante} = 2,04; DMS _{Mineral} = 6,45					

Medias seguidas por letras distintas, na coluna, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *médias diferentes do mineral por Dunnett ($p<0,05$). ATR (Açúcar Total Reduzido). TPH (Toneladas Por Hectares).

O bioestimulante não influenciou ($P>0,05$) as variáveis ligadas a qualidade tecnológicas da cana-de-açúcar. Exceto, o TPH que foi influenciado ($P\leq 0,05$) e teve efeito positivo quando da presença do bioestimulante, produzindo $21,80 \text{ t ha}^{-1}$, ou seja, 2,89% maior quando não utilizado o bioestimulante. A pureza, fibra%, Brix% e ATR representam propriamente a qualidade ou concentração de açúcar nos colmos. Esses são fatores com maior resposta entre variedades e época de colheita da cana. Demandam a passagem por um período de maturação para ocorrer a concentração de açúcares. Segundo Oliveira et al. (2013) avaliando a produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com o uso de condicionador de solo e bioestimulantes não encontraram respostas para o acúmulo de sacarose incrementando bioestimulante.

O TPH possui relação com a produtividade sendo os fatores de crescimento e desenvolvimento determinantes na produção de açúcar. O composto hormonal (cinetina, ácido 4-indol-3-ilbutírico e ácido giberélico) pode contribuir para melhorar a eficiência na absorção de nutrientes e suportar as condições adversas do ambiente. Pois a auxina promove prolongamento celular, quebra de dormência e iniciação de raízes laterais. Geralmente, elas atuam no mecanismo de controle das células diferenciadas de cada região da planta, por ser ácidos com núcleo indol insaturado. As giberelinas auxiliam no crescimento do caule e a transição da fase juvenil para a fase adulta, sendo que este fitohormônio faz com que haja um aumento na mitose das células vegetais. As citocininas estão relacionadas diretamente à capacidade de divisão, diferenciação celular, alongamento das células e mobilização de nutrientes, sendo que a citocinina está intimamente ligada com o desenvolvimento das organelas e na atividade enzimática (COSTA et al., 2011).

Assim, as plantas podem alcançar maior desenvolvimento e expansão radicular na presença do composto hormonal. O bioestimulante pode favorecer ainda a mediação das respostas das plantas aos fatores extrínsecos, controlando a recepção de luz na parte aérea, água e nutrientes para as raízes. Ainda, contribuem com a formação de gemas e expansão da área foliar e assim aumentando a taxa fotossintética (KOPRINA et al., 2016). Tudo isso colabora para aumento da produtividade de colmos, fator este participante na determinação da produtividade de açúcar.

Em área de alta fertilidade do solo o poder tampão do solo é maior (CLARHOLM e SKYLLBERG, 2013; JIANG et al. 2016). A melhor fertilidade do solo é suficiente para garantir o bom desenvolvimento das plantas e acúmulo de açúcares sem a necessidade em curto espaço de tempo de adição de fertilizantes (GOLDEMBERG et al., 2008). Conforme os estudos de Teixeira et al. (2016), as características tecnológicas do caldo de variedades de cana-de-açúcar

cultivadas em solo de cerrado com diferentes níveis de adubação fosfatada verificaram maior Brix no caldo na maior dose de fertilizante fosfatado (300 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

As variáveis produtividade, comprimento e diâmetro do colmo e perfilhamento encontram-se na tabela (4). A produtividade da cana-de-açúcar, com uso de bioestimulante, foi diferente, quando comparado à ausência do composto hormonal. Os percentuais do organomineral de lodo de esgoto e a fonte mineral não diferiram.

Tabela 4. Produtividade, altura e diâmetro de colmo e perfilhamento função do percentual da dose de recomendação de adubação mineral e organomineral com e sem bioestimulante em Morrinhos - GO. Morrinhos, GO – 2017.

Bioestimulante	-----Percentual da recomendação (%)-----					Media
	0	60	80	100	120	
	----- Produtividade (t ha ⁻¹) -----					
Sem	113,3	127,0	133,0	120,9	119,3	122,7 B
Com	148,7	125,5	131,6	130,9	143,4	136,1 A
	Mineral 100 % = 120,2					
	CV (%)=12,64; DMS _{Bioestimulante} =10,5; DMS _{Mineral} = 33,23					
	----- Altura de colmo (m) -----					
Sem	2,24	2,32	2,50	2,45	2,18	2,34 A
Com	2,42	2,45	2,27	2,47	2,42	2,41 A
	Mineral 100 % = 2,40					
	CV (%)=7,50; DMS _{Bioestimulante} = 0,11; DMS _{Mineral} = 0,36					
	----- Diâmetro de colmo (mm) -----					
Sem	27,77	29,19	28,91	28,64	29,0	28,70 A
Com	28,37	28,78	29,37	29,78	30,64	29,39 A
	Mineral 100 % = 29,82					
	CV (%)=4,47; DMS _{Bioestimulante} = 0,84; DMS _{Mineral} = 2,66					
	----- Perfilhamento (plantas m ⁻¹) -----					
Sem	91,50	96,72	95,26	86,87	92,0	92,47 A
Com	94,76	94,25	96,31	91,18	96,76	94,65 A
	Mineral 100 % = 94,76					
	CV (%)=8,61; DMS _{Bioestimulante} = 5,21; DMS _{Mineral} = 16,48					

Medias seguidas por letras distintas, na coluna, para cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *médias diferentes do mineral por Dunnett (p<0,05).

A adubação mineral com 100% da recomendação de adubação promoveu uma produtividade de 120,2 t ha⁻¹. A fonte organomineral variou a produtividade de 113,3 t ha⁻¹, na ausência de fertilizante sem bioestimulante a 143,5 t ha⁻¹ com 120 % da recomendação com bioestimulante. Em estudos realizados por Teixeira et al. (2014) a eficiência de fertilizantes organominerais não encontraram diferenças para doses de 160 kg ha⁻¹ da fonte mineral e 120 e 160 kg ha⁻¹ para a fonte organomineral. Como citado por Miranda et al. (2011) diferentes fontes de adubação obtiveram maiores produtividades de toneladas de cana por hectare (TCH), quando

utilizado fertilizantes minerais convencionais. O uso de bioestimulante incrementou 10,9 % a produtividade. Sem bioestimulante a produtividade foi de 147,3 t ha⁻¹. Utilizando o composto hormonal foi de 163,3 t ha⁻¹ em área de primeiro ano e solo fértil. Silva et al. (2010), também, verificaram o aumento de produtividade com o uso do bioestimulante.

A utilização de bioestimulante, na cultura da cana em um solo de elevada fertilidade, contribuiu para o maior desenvolvimento da planta. Certamente o maior desenvolvimento celular e crescimento do sistema radicular (SILVA et al., 2010) possibilitou aumento da exploração do solo. Com o solo fértil, as respostas da planta foram diferenciadas no aumento de produtividade. O bioestimulante promove aumento da produtividade da cana-de-açúcar. O organomineral de lodo de esgoto e a fonte mineral são indiferentes. Os diferentes percentuais de adubação de plantio e cobertura não promovem incrementos na produtividade da cana-de-açúcar em área de primeiro ano e solo fértil.

Os percentuais do organomineral de lodo de esgoto e a fonte mineral não diferiram. As variáveis perfilhamento, diâmetro do colmo e altura de plantas não foram incrementadas. A adubação mineral com 100% da recomendação de adubação promoveu um perfilhamento de 11,84 colmos m⁻¹. A fonte organomineral variou de 11,40 colmos m⁻¹ com o uso de bioestimulante com 100% da recomendação e 12,10 colmos m⁻¹ ao usar o bioestimulante com 120%. Por ocasião da alta fertilidade do solo, o mesmo forneceu a demanda básica da planta para o surgimento de perfilhos, diâmetro e comprimento das plantas. Segundo estudos de Pasuch et al. (2012) a influência de adubação fosfatada no perfilhamento não encontrou diferenças.

O diâmetro de colmos foi de 29,8 mm com a fonte 100% mineral. Fertilizada com organomineral o diâmetro variou de 27,7 mm, na ausência de fertilizante sem bioestimulante, e 30,6 mm com 120% da recomendação com bioestimulante. Estudos de Miranda et al. (2011) de associação da crotalária com adubação orgânica e mineral na cana obtiveram diâmetros variando de 25,1 a 28,3 mm. A adubação mineral com 100% da recomendação de adubação promoveu uma altura de plantas de 2,45 m. A fonte organomineral variou a altura das plantas de 2,19 m com 120% da recomendação e 2,50 m com 80%, ambas sem bioestimulante. Silva et al. (2010) verificaram o aumento de perfilhamento, diâmetro de colmo e altura de plantas com o uso do bioestimulante.

4. CONCLUSÃO

O bioestimulante aumenta a produtividade de colmos e de açúcar (TPH).

A adubação com fertilizante organomineral a base de biossólido é semelhante a adubação com fertilizante mineral.

O uso de bioestimulante e fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto são alternativas para a fertilização sustentável do solo e a ciclagem de nutrientes para a cultura de cana-de-açúcar.

5. REFERENCIAS

BINI, D. C.; CANEVER, M. D.; DENARDIM, A. A. Correlação e causalidade entre os preços de *commodities* e energia. Revista Nova Economia, v.25, n.1, p.143-160, 2015.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.4, p.388–393, 2015.

CATO, S. C. Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, p. 74, 2006.

CLARHOLM, M.; SKYLLBERG, U. Translocation of metals by trees and fungi regulates pH, soil organic matter turnover and nitrogen availability in acidic soils. Soil Biol. Biochem. v.63, p.142–153, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. v.4, n.2, SAFRA 2016/17 N. 3 – Segundo levantamento. Brasília, p. 1-74. 2016. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_24_08_59_54_boletim_cana_portugues_-2o_lev_-_17-18.pdf Acesso em 27 de novembro de 2017.

COSTA, N. L.; DAROS, E.; MORAES, A. Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-deaçúcar (*Saccharum officinarum* L.). PUBVET, Londrina, v.5, n.22, Ed. 169, Art. 1137, 2011.

DEEKS, L. K.; CHANEY, K.; MURRAY, C.; SAKRABANI, R.; GEDARA, S.; LE, M. S.; TYRREL, S.; PAWLETT, M.; READ, R.; SMITH, G. H. A new sludge-derived organo-mineral fertilizer gives similar crop yields as conventional fertilizers. *Agron. Sustain.* v. 33, p.539-549, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 3 ed. rev. e ampliada. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica. p. 627, 2013.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy* v. 36, p. 2086 - 2097, 2008.

GURGEL. M. N. A.; SIMONE T. R. CORREA. S. T. R.; DOURADO NETO. D.; PAULA JÚNIOR. D. R. Technology for sugarcane agroindustry waste reuse as granulated organomineral fertilizer. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.35, n.1, p.63-75, 2015.

JIANG, J.; WANG, YP.; YU, M.; LI, K.; SHAO, Y.; YAN, J. Responses of soil buffering capacity to acid treatment in three typical subtropical forests. *Sci. Total Environ.* p.563-564, 2016.

KOPRNA, R.; DIEGO, N. D.; DUNDÁLKOVÁ, L.; SPÍCHAL, L. Use of cytokinins as agrochemicals. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v. 24, p.484-492, 2016.

LACA-BUENDIA, J.P. DEL C. Efeito de doses de reguladores de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.1, n.1, p.109-113, 1989.

MACEDO, F. G.; MELO, W. J.; MERLINO, L. C. S.; TORRES, L. S.; GUEDES, A. C. T. P.; MELO, G. M. P.; CAMACHO, M. A. Lodo de esgoto como fonte de nitrogênio: concentração no perfil do solo e em plantas de milho. *Eng Sanit Ambient*, v.17, n.3, p. 263-268, 2012.

MARÔCO, J. Análise estatística com o SPSS statistics. Report Number, análise e gestão da informação. 5ª Edição, p.992, 2011.

MIRANDA, J. M.; RIGONI, M.V.; SILVEIRA, F.T. Association of crotalaria as green manures and mineral in productivity of sugar cane. Biosci. J., Uberlândia, v.27, n.6, p. 948-953, 2011.

OLIVEIRA, C. P.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; CONTARDI, L. M. Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com o uso de condicionador de solo e bioestimulantes. Revista Agrarian, v.6, n.21, p.245-251, 2013.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F.; VIANNA, E. J. Avaliação tecnológica de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. Rev. Ceres, Viçosa, v. 59, n.6, p. 832-840, 2012.

PASUCH, B. D.; CAIONE, G.; DRESCHER, A. H.; FERNANDES, F. M. Desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica da primeira soqueira da cana-de-açúcar em função de fontes de fósforo. Comunicata Scientiae, v. 3, n. 4, p. 263-270, 2012

RABELO, K. C. C. Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial. Dissertação - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2015.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal – I efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.26, n.3, p.487-495, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use the analysis of experimental data. Afr. J. Agric.Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; ABREU JUNIOR, C. H.; BERTON, R. S.; BASSO, L. C.; BARBIERI, V. Impactos da aplicação de lodo de esgoto na cultura da cana-de-açúcar e no ambiente. HOLOS Environment, v.10, n.1, p.62, 2010.

SILVA, M. A.; CATO, S. C.; CATO, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.4, p.774-780, 2010.

TEIXEIRA, W. G.; SOUZA, R. T. X. de; KORNDÖRFER, G. H. Response of sugarcane to doses of phosphorus provided by organomineral fertilizer. Bioscience. Journal, Uberlândia, v.30, n.6, p.1729-1736, 2014.

TEIXEIRA, E. B.; BOLONHEZI, A. C.; FERNANDES, F. M.; RIBEIRO, N. A.; QUEIROZ, C. J. Características tecnológicas do caldo de variedades de cana-de-açúcar cultivadas em solo de cerrado com diferentes níveis de adubação fosfatada. Científica, Jaboticabal, v.44, n.1, p.23-34, 2016.