



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**BEATRIZ OCTAVIANO PEDROSO DA CRUZ**

**DOSES DE VINHAÇA NO PEGAMENTO E CRESCIMENTO INICIAL  
DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS  
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

**ARARAS - 2022**



**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**BEATRIZ OCTAVIANO PEDROSO DA CRUZ**

**DOSES DE VINHAÇA NO PEGAMENTO E CRESCIMENTO  
INICIAL DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR  
CULTIVADAS EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para  
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof.Dr. Douglas Roberto Bizari

**ARARAS–2022**

**Dedico este trabalho aos que amo, que sempre me apoiam e me incentivam incondicionalmente.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente, pelo dom da vida e pelo dom da fé, por sua infinita graça e benignidade e por ter me guiado até aqui.

Aos meus pais, ao meu padrasto Daniel e as minhas irmãs, agradeço por incentivarem durante toda a minha vida e me ensinarem a não desistir, apesar de todos os percalços.

Deixo um agradecimento especial a minha amiga Letícia, que a graduação me proporcionou, por me acompanhar em todas as horas e por ser uma pessoa incrível. Sem ela a graduação não teria sido a mesma.

Agradeço ao meu namorado Bruno, por sempre estar ao meu lado, me apoiando nos momentos difíceis.

Sou grata pela confiança depositada na minha proposta de projeto pelo meu orientador Prof. Dr. Douglas Roberto Bizari, pelas orientações e por me manter motivada durante todo o processo.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos, pela excelência em ensino, aos seus docentes e demais funcionários.

Agradeço a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização do presente trabalho. A todos, o meu muito obrigada!

**“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar”.**

**Anatole France**

## RESUMO

O cultivo de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPBs) associado com a fertirrigação com vinhaça pode reduzir o custo de produção e aumentar a produtividade, longevidade e qualidade dos canaviais. Porém, a vinhaça, constituída principalmente por matéria orgânica e potássio, quando aplicada em concentrações excessivas, resulta no processo de salinização do solo e “queima” das mudas. Dessa forma, objetivou-se verificar o pegamento e o crescimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar com a aplicação de diferentes doses de vinhaça na parte aérea das mudas, cultivadas em casa de vegetação. Foram testados 5 tratamentos, designados por T1, que não recebeu a dose de vinhaça; T2: 15 mm de vinhaça; T3: 30 mm de vinhaça; T4: 60 mm de vinhaça; e T5: 90 mm de água. Foram realizadas duas aplicações para cada tratamento, metade no dia do plantio e a outra metade, 30 dias após. Avaliou-se o diâmetro do caule, o crescimento em altura das plantas, o número de perfilho e o teor de potássio adicionado ao solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 repetições, resultando em 60 parcelas. Conclui-se que o tratamento referente à lâmina de 60 mm favoreceu o pegamento e o desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. As plantas fertirrigadas com 15 mm de vinhaça morreram ao longo do experimento. O incremento do potássio no solo foi considerável e atribuiu melhorias nos aspectos químicos do solo.

**Palavras-chave:** fertirrigação; potássio; canaviais; MPBs

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da instalação do Projeto \_\_\_\_\_ 18

Figura 2 - Mudanças referentes ao tratamento 2 mortas após 21 DAP \_\_\_\_\_ 22

Figura 3 - Temperatura média no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar no período do experimento \_\_\_\_\_ 23

Figura 4 - Umidade relativa média do ar no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar no período do experimento \_\_\_\_\_ 23

---

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Descrição dos tratamentos \_\_\_\_\_ 17
- Tabela 2. Diâmetro médio do colmo das (DC) mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes doses de vinhaça e água \_\_\_\_\_ 20
- Tabela 3. Altura média das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (AP) submetidas a diferentes doses de vinhaça e água \_\_\_\_\_ 21
- Tabela 4. Número médio de perfilhos total de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes doses de vinhaça e água \_\_\_\_\_ 21
- Tabela 5. Atributos químicos da vinhaça analisada \_\_\_\_\_ 24
- Tabela 6. Comparação das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm \_\_\_\_ 24

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, abrangendo uma extensa área territorial para a produção dessa cultura, o que a torna relevante para o agronegócio brasileiro. Com a implantação, na década de 1970, do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o qual versa sobre o aproveitamento do etanol como combustível, a área cultivada de cana-de-açúcar expandiu-se consideravelmente.

Porém, nos últimos anos, as usinas, de maneira geral, enfrentam problemas relacionados à queda da produtividade e da longevidade de seus canaviais, sendo este fato ocasionado, principalmente, pelo crescente custo de insumos, pela necessidade de mecanização do plantio e colheita da cana-de-açúcar que causa compactações quando mal realizadas, à diminuição da mão-de-obra nos canaviais e pela falta de tecnologias alternativas e inovadoras para impulsionar o potencial produtivo da cultura (SCANAVINI, 2014).

Neste contexto, surgem diversos embates associados ao aumento da produtividade, utilizando-se de métodos economicamente viáveis, ambientalmente seguros e socialmente justos. Como uma possível estratégia para suprimir essa crise, a utilização de mudas pré-brotadas (MPBs) surge como uma boa ferramenta, uma vez que essa tecnologia tem o potencial de aumentar a produtividade, longevidade e qualidade dos canaviais, com redução de custo a curto prazo, isto é, de uma safra para outra (ELIA, 2016).

No sistema convencional de plantio, cerca de 10% do produto total são utilizados como material de plantio para realização da próxima safra, constituídos por toletes de 25 a 30 cm com 2 a 3 gemas cada um. Este material de plantio representa problemas nos setores de transportes e armazenagens de sementes, visto que sofre rápida deterioração, reduzindo-se assim a viabilidade das gemas plantadas. No sistema de MPBs, utiliza-se gemas de colmos pré-germinadas, reduzindo a massa demandada e melhorando a qualidade da cana-planta (FRAGA JÚNIOR, 2015). Tal tecnologia busca a produção rápida de mudas com alto potencial produtivo, uma vez que são oriundas de variedades nobres, associando elevado padrão de sanidade e rastreabilidade genética ao elevado vigor e uniformidade, principalmente quando esse sistema é associado à irrigação, garantindo o pegamento de uma grande quantidade de gemas no plantio (GOKHALE, 1997).

A cultura da cana-de-açúcar necessita de um período característico, quente e úmido, com intensa radiação solar durante o estágio vegetativo, e sucessivamente de um período seco na fase de maturação e colheita (ALFONSI et al., 1987). Dessa forma, períodos de estresse hídrico no seu desenvolvimento submetem as plantas a perdas produtivas consideráveis. Desse modo, a fim de manter altos índices produtivos aos produtores, faz-se necessário à prática da irrigação (MAULE, 2001 apud ELIA, 2016). Além de aumentar a produtividade, essa prática acarreta em benefícios como maior eficiência no uso de fertilizantes, possibilitando uma ordenação de plantio, ou seja, realizar duas ou mais colheitas por ano, com a inserção de cultivares de alto custo e de menor risco de investimento no setor (FREITAS et al., 2009).

Realizada junto com a irrigação, a adubação é outro importante trato cultural que determina a produtividade agrícola. Conhecida como fertirrigação, consiste na aplicação de fertilizantes solúveis via água de irrigação, devendo-se levar em consideração as dosagens adequadas e o custo de fertilizantes. Para se obter uma boa eficiência de tal prática, é necessário conhecer a exigência de cada cultura, bem como o quanto o solo manejado fornece em termos de quantidade de nutrientes e quais os nutrientes a serem supridos pela fertirrigação (SILVA, 2011).

Além do produto fundamental produzido pela cultura da cana-de-açúcar (o etanol), ocorre a produção de resíduos, como bagaço, águas residuárias e a vinhaça (ROSSETO, 2004 apud SILVA, 2011). Em relação à vinhaça, a cada litro de álcool produzido geram-se de dez a dezoito litros desse resíduo (ROSSETO, 1987 apud SILVA et al., 2006), que quando armazenado e descartado de forma irregular pode causar a contaminação do lençol freático (DE SOUZA et al., 2015).

Com o advento das MPBs a utilização da vinhaça pode se tornar uma alternativa viável para garantir o pegamento e crescimento inicial dessas mudas no campo, porém, se utilizada de maneira indiscriminada pode vir a “queimá-lás”, diminuindo o seu potencial produtivo e comprometendo todo o planejamento agrícola estabelecido.

Assim sendo, por meio do presente trabalho buscou-se avaliar a aplicação de vinhaça via foliar, em diferentes lâminas, no pegamento e crescimento inicial de MPBs de cana-de-açúcar, simulando uma irrigação por aspersão, forma mais comum da utilização desse resíduo nas unidades produtoras do estado de São Paulo

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar é uma das mais importantes culturas brasileiras, uma vez que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (Arruda Pinto, 2002). Segundo os dados do IBGE (2020) o país produziu 757 milhões de toneladas de cana em uma área de aproximadamente 10 mil hectares, sendo o estado de São Paulo o maior produtor. O rendimento médio foi de 75 toneladas por hectare.

Com a implantação, na década de 1970, do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), o qual versa sobre o aproveitamento do etanol como combustível, a área cultivada de cana-de-açúcar expandiu-se consideravelmente.

No Brasil, seu cultivo se deu logo no início da colonização, onde os primeiros relatos dessa cultura datam de 1532 em São Vicente – SP, mas foi nos estados da região Nordeste que a cultura se fixou inicialmente. No final do século XVI, os estados de Pernambuco e Bahia já possuíam uma centena de engenhos (FIGUEIREDO, 2008) e em meados da década de 1970, com a crise do petróleo, o Brasil se tornou o maior produtor mundial de etanol (MOZAMBANI et al., 2006).

A expansão do setor sucroalcooleiro no final da década de 70 ocasionou sérios problemas ambientais, devido às altas quantidades de resíduos que passaram a ser gerados em um breve período de tempo (HOROWITZ et al., 1985). O principal resíduo gerado pelo setor sucroalcooleiro é a vinhaça, também denominado restilo. A vinhaça é o líquido derivado da destilação do vinho, resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço (CETESB, 2006). É de natureza ácida, corrosiva devido à presença de ácido sulfúrico livre e produzida na ordem de 13 litros para cada litro de álcool destilado e sua composição é muito variável (HOROWITZ et al., 1985; FREIRE & CORTEZ, 2000).

Também conhecida como calda da destilaria, a vinhaça possui de 2 a 6% de constituinte sólido, destacando-se a matéria orgânica, e, em termos minerais, por um alto teor de potássio, o qual é responsável por determinar o volume de vinhaça aplicada por unidade de área de cana (ROSSETTO et al., 2008). A aplicação correta da vinhaça, seguindo as normas estabelecidas pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005 apud SILVA, 2011), pode resultar em redução econômica da adubação, minimizar o potencial de contaminação das águas subterrâneas e possibilitar maior produtividade das plantas, pela utilização do potássio (ROSSETTO et al., 2008).

A vinhaça é fonte de matéria orgânica, água e nutrientes, dentre os principais K, N, Ca, Mg, e seu uso pode contribuir para o aumento da produtividade da cana-de-açúcar (PRADO et al, 2013).

Com alta quantidade de matéria orgânica na forma de ácidos orgânicos e em menor quantidade cátions, como potássio, cálcio e magnésio (JIANG et al., 2012) a utilização da vinhaça eleva o pH do solo, aumenta disponibilidade de alguns íons, a troca catiônica e retenção de água e ainda melhora a estrutura física do solo (SILVA; COELHO, 2006). Os primeiros estudos sobre a aplicação de vinhaça ao solo no Brasil começaram na década de 1950 (CAMARGO et al., 2009), seu uso na fertirrigação é uma alternativa racional para o descarte, evitando descarga em rios, enquanto proporciona nutrientes ao solo (GIACHINI; FERRAZ, 2009).

Quando aplicado in natura no solo a vinhaça além da irrigação, fertiliza o cultivo das culturas e reduz custos com adubos químicos (LAIME et al., 2011), além de provocar alterações temporárias na população de micro-organismos do solo, resultando em muitas mudanças nos processos biológicos e químicos, como decomposição da matéria orgânica e nitrificação (CHRISTOFOLETTI et al., 2013). A vinhaça também é caracterizada pelo seu alto poder poluente, sendo considerada nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, afugentando a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação (FREIRE; CORTEZ, 2000).

Aplicações sucessivas de vinhaça em solos arenosos podem conduzir a um desequilíbrio de bases e de elementos tais como, cálcio, magnésio, potássio e sódio, que são usados para avaliar a fertilidade do solo (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). Ainda de acordo com o autor, quando aplicada em altas doses, pode acarretar efeitos indesejáveis afetando a qualidade da cana para produção de açúcar, salinização do solo e poluição do lençol freático. Além de poder proporcionar deficiência em manganês no solo (AGARWAL; PANDEY, 1994) e inibição da germinação de sementes (KANNABIRAN; PRAGASAM, 1993).

A presença de grande quantidade de compostos polifenólicos, tais como ácido tânico, ácido húmico, hidratos de carbono e furfurais de hidrólise ácida (PANT; ADHOLEYA, 2007), podem ter um efeito fitotóxico sobre os tecidos das plantas durante a germinação e crescimento de plântulas (CASA et al., 2003). Além disso, estes compostos podem inibir a atividade de micro-organismos no solo e na água (PARNAUDEAU et al., 2008). Descargas diretas de vinhaça no solo podem causar lixiviação de metais pesados na direção de águas subterrâneas, alterações na

qualidade do solo, como o desequilíbrio de nutrientes, redução da alcalinidade e odores desagradáveis (NAVARRO; SEPÚLVEDA; RUBIO, 2000).

Barros et al. (2010) observaram que a utilização de vinhaça durante 10 anos, proporcionou melhoria da disponibilidade dos macronutrientes e diminuição dos micronutrientes e Ribeiro et al. (2010) detectaram aumento na lixiviação de chumbo em solos que foram aplicados vinhaça. Zuniga et al. (2000) observaram que o uso da vinhaça não tratada apresentou risco de salinização do solo e contaminação por zinco e manganês.

Segundo Glória e Orlando Filho (1983 apud SILVA, 2011), por meio da incorporação de vinhaça e fornecimento de potássio, ocorre também a elevação do pH do solo, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), maior disponibilidade de íons e conseqüentemente maior retenção de água, melhorando os aspectos físico-químicos do solo. No entanto, Rossetto et al (2008) evidencia que quando aplicada em concentrações excessivas, resulta no retardamento do processo de maturação da planta e salinização no solo.

Não há atividade econômica que não use água, direta ou indiretamente (BISWAS, 1988).MAGRO (2000) relata que a viabilidade econômica da irrigação da cana deve considerar a distância da fonte de água e o custo para adução, bem como a umidade do solo na época de plantio e de brotação da soqueira, época que coincide com período de escassez de chuvas.A cultura da cana-de-açúcar carece de um período característico, quente e úmido, com intensa radiação solar durante o estágio vegetativo, e sucessivamente de um período seco na fase de maturação e colheita (ALFONSI et al., 1987).

Dessa forma, períodos de estresse hídrico no seu desenvolvimento submetem a perdas produtivas consideráveis, sendo afetada negativamente e, a fim de manter altos índices produtivos satisfatórios aos produtores, faz-se necessário à prática da irrigação (MAULE, 2001 apud ELIA, 2016). Além de aumentar a produtividade, essa prática acarreta em benefícios como maior eficiência no uso de fertilizantes por meio da fertirrigação, além de possibilitar uma ordenação de plantio, ou seja, realizar duas ou mais colheitas por ano, com a inserção de cultivares de alto custo e de menor risco de investimento no setor (FREITAS et al., 2009).

Para DOURADO NETO et al. (2001) o uso da fertirrigação proporciona economias na mão-de-obra, tratos culturais e minimiza o trânsito na lavoura, reduzindo a compactação do solo, por implementos agrícolas, reduzindo a morte de

soqueira e conseqüentemente aumentando a produtividade e vida útil do canavial.

Além disso, quando há a diminuição do trânsito na área devido ao uso da fertirrigação, é a redução da disseminação de esporos de fungos, sementes de plantas daninhas e ovos de insetos.

Na prática da fertirrigação, devem-se levar em consideração as dosagens adequadas e o custo de fertilizantes. Para se obter uma boa eficiência de tal prática, é necessário conhecer a exigência de cada cultura, bem como o quanto o solo manejado fornece em termos de quantidade de nutrientes e quais os nutrientes a serem supridos pela fertirrigação (SILVA, 2011).

A disponibilidade de nutrientes no solo é um dos fatores limitantes para a produção de cana-de-açúcar em várias regiões do Brasil (BOLOGNA-CAMPBELL, et al.; 2013). A absorção destes pelas plantas é um processo ativo, que requer energia para acumular os elementos essenciais nos seus tecidos, acima das concentrações encontradas na solução do solo (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A cultura da cana-de-açúcar é exigente em relação à nutrição de solos, sendo o potássio o macronutriente mais absorvido pelas plantas, participando de processos metabólicos relacionados à fotossíntese e na ativação de enzimas (PENATTI, 2013) com aumento da exposição dos sítios ativos para ligação com o substrato de mais de 60 enzimas (PRADO, 2008).

Com o sistema de produção de cana sem queimada a maior parte do potássio retorna ao sistema, uma vez que as folhas geralmente permanecem no campo e o que foi extraído pelos colmos retorna através da vinhaça, fuligem, cinzas e torta de filtro (ROSSETTO, 2013). A deficiência em potássio induz a um crescimento reduzido, diminuição na brotação, os colmos se tornam finos e os internódios curtos, entre outros. O sintoma mais típico de deficiência é o aparecimento de manchas avermelhadas nas folhas (HAAG; ACCORSI, 1978).

A aplicação da vinhaça e o fornecimento de potássio e água para o pegamento e crescimento de MPBs pode ser uma prática viável econômica e ambientalmente sustentável que, considerando critérios técnicos, pode trazer resultados satisfatórios para o setor sucroalcooleiro.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Verificar o pegamento e o crescimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar com a aplicação de diferentes doses de vinhaça simulando uma irrigação por aspersão, em casa de vegetação.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- a) Avaliar o diâmetro do caule das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar
- b) Avaliar o crescimento em altura das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar ao longo do tempo;
- c) Avaliar o número de perfilho das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar;
- d) Avaliar a medição direta de potássio adicionado ao solo.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de 6 meses, correspondendo os meses de agosto de 2019 à janeiro de 2020, em uma casa de vegetação, com uma cobertura de filme de polietileno branco, laterais fechadas em sombrite de 30% de interceptação, de forma a não haver interferência da chuva no trabalho. Este local pertence ao Departamento de Recursos Naturais do Centro de Ciências Agrárias - UFSCar, cujas coordenadas são 22°21'25" latitude Sul e 47°23'03" longitude Oeste, e altitude de 629 metros. Inicialmente, foram realizados testes para avaliar qual a lâmina padrão de irrigação com vinhaça mais comumente utilizada em canaviais, definindo-a como a de 90 mm em sistema de plantio convencional.

Essa recomendação está associada à substituição da adubação mineral potássica correspondente, a qual não apresenta uma relação direta, devido ser um adubo mineral aplicado em linha e próximo das soqueiras, à medida que a vinhaça é aplicada em área total (BAFFA et al., 2009). Sendo assim, para a finalidade do presente trabalho foram designados os tratamentos variando-se as lâminas de acordo com a padrão (tabela 1).

**Tabela 1** – Descrição das lâminas aplicadas com vinhaça e água nas MPBs, no plantio e 30 dias após. Araras–SP, 2020.

<b>Tratamento</b>	<b>Descrição dos tratamentos</b>
<b>T1</b>	15,0 mm de água no plantio + 15,0 mm de água
<b>T2</b>	7,5 mm de vinhaça no plantio + 7,5 mm de vinhaça
<b>T3</b>	15,0 mm de vinhaça no plantio + 15,0 mm de vinhaça
<b>T4</b>	30,0 mm de vinhaça no plantio+ 30,0 mm de vinhaça
<b>T5</b>	45,0 mm no plantio + 45,0 mm de água

Os cálculos das lâminas referentes a cada tratamento foram definidos a partir da relação de agregação na qual uma lâmina de 1 milímetro, corresponde a 1 litro por metro quadrado. Neste contexto, na primeira aplicação, para o tratamento 1 e 3, foram aplicados 3,17 litros de água e vinhaça respectivamente. No tratamento 2 foi utilizado um volume de 0,52 litros de vinhaça e no tratamento 4, com a lâmina de 30 mm de vinhaça, o volume empregado foi de 4,2 litros.

As mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPBs), da variedade RB926928, foram cedidas pela empresa STA TechCana e mantidas na bandeja contendo solo nutritivo, por um período de 15 dias, em casa de vegetação. Durante esse período foram realizadas irrigações diárias com o auxílio de um regador e, posteriormente poda, resultando na padronização das plântulas até o momento do transplântio.

As unidades experimentais foram distribuídas de forma igualitárias dentro da área e consistiam de vasos plásticos com diâmetro de 30 cm e capacidade total de 21 litros. A instalação do projeto foi realizada nas seguintes etapas: (I) Peneiramento do solo; (II) Preenchimento dos vasos; (III) Alocação dos vasos na área central da casa de vegetação; (IV) Transplântio das MPBs com o auxílio da plantadeira manual, do tipo matraca; (V) aplicação da vinhaça, com a lâmina correspondente a cada tratamento, utilizando-se do regador (figura 1).



Figura 1 – Etapas da instalação do projeto e aplicação da vinhaça nas MPB's.

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distrófico típico e o mesmo foi peneirado para evitar torrões. Foi feita a análise química antes do início do ensaio e após o seu término, com a finalidade de comparar quanto a vinhaça agrega no valor final das características químicas do solo.

A vinhaça foi proveniente da unidade produtora da região, Usina São João e foram utilizados 89,04 litros ao todo, ou seja, 44,52 litros no plantio e o restante 30 dias após, resultando em duas aplicações, de acordo com a capacidade do volume do vaso utilizado.

No interior da casa de vegetação foi instalado um termo-higrômetro para aferir a temperatura e umidade no momento das medições, a fim de analisar a interferência da alta temperatura e umidade local no comportamento das mudas. Neste contexto, para evitar a morte das plantas, semanalmente foram realizadas irrigações com uma lâmina de 15 mm de água, para mantê-las vivas por 180 dias, período que compreende as fases de estabelecimento até o final do perfilhamento (ELIA, 2016).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e doze repetições, totalizando sessenta parcelas. Foi feita a aplicação da dose de vinhaça correspondente a cada tratamento, sendo realizada via regador, de modo a simular a irrigação por aspersão e garantir a uniformidade de aplicação.

Foi mensurado a altura das plantas (AP), através de uma régua métrica, o diâmetro do colmo (DC), com um paquímetro digital na altura de 5 cm a partir da superfície do solo para padronização das avaliações e o número de perfilhos (NP), os quais, são parâmetros decisivos para obter o potencial produtivo agrícola de uma variedade de cana-de-açúcar (LANDELL, 2004 apud ELIA, 2016). Também foi realizada uma análise visual para verificar possíveis sintomas de queimadura nas folhas. As medições ocorreram semanalmente até o término do projeto.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de significância), utilizando-se o programa estatístico software R (R-4.0.0/2020).



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 2, 3, 4 estão apresentados o diâmetro do colmo, a altura das mudas e o número de perfilhos, respectivamente. Pelos dados obtidos observa-se que o tratamento 4, referente a lâmina de 60 mm de vinhaça ao todo, obteve maior eficiência no pegamento e desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, apresentando os maiores valores que os demais tratamentos para todas as variáveis avaliadas, exceto com relação à altura das mudas, na qual não foi constatada diferença estatística entres os tratamentos com doses de vinhaça e água.

**Tabela 2.** Diâmetro médio do colmo das plantas (DC), em mm, das plantas de cana-de-açúcar, submetidas a diferentes doses de vinhaça e água. Araras-SP, 2020.

<b>Tratamentos</b>	<b>Média* do Diâmetro do caule (mm)</b>
T4	31.79 a
T5	20.80 b
T3	17.00b
T1	16.00 b
T2	0.00 c

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Não houve diferença entre os tratamentos 1, 3 e 5, com valores variando entre 16,0 a 20,8mm. Para DC, as plantas do T4 apresentaram o valor médio de 31,79 mm, provavelmente por conta do incremento adequado do potássio, nutriente essencial para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar. Todas as plantas do tratamento 2 morreram, constando-se que a dose de 15 mm não é adequada para atender as exigências hídricas da planta no seu desenvolvimento inicial.

**Tabela 3.** Altura média, em cm, das plantas de cana-de-açúcar (AP) submetidas a diferentes doses de vinhaça e água. Araras-SP, 2020.

<b>Tratamentos</b>	<b>Média* da altura das mudas (cm)</b>
T3	202.35 a
T1	197.65 a
T5	181.26 a
T4	180.02 a
T2	0.00 b

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ )

Para AP (tabela 3) observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos nos quais as plantas sobreviveram, com valores variaram de 180.02 a 202.35 cm, considerado uma altura adequada no início do desenvolvimento.

**Tabela 4.** Número médio de perfilhos total (NP) das plantas de cana-de-açúcar, submetidas a diferentes doses de vinhaça e água. Araras-SP, 2020.

<b>Tratamentos</b>	<b>Média* do número total de perfilhos</b>
T4	5.56 a
T5	5.20 b
T1	5.0 b
T3	4.0 c
T2	0.00 d

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Em relação ao NP (tabela 4), verificou-se que o maior valor foi obtido pelas plantas do tratamento 4 (5,56), mas bem próximo às plantas dos tratamentos 1 e 5, que não diferiram estatisticamente entre si. O menor valor foi obtido nas plantas do tratamento 3, sendo o NP em torno de 20% inferior aos demais tratamentos avaliados.

É notório que cada perfilho comporta-se como uma planta independente, sendo assim, cada um possui sistema radicular próprio, com trocas de nutrientes e

água entre si, fazendo com que um número maior de perfilhos, acarrete em um volume maior de raízes, que exploram o solo até um determinado ponto de estabilização, necessitando de um solo mais completo em água e nutrientes para suprir a demanda (BEAUCLAIR e SCARPARI, 2007) e isto mostra a importância de uma fertirrigação adequada no momento do crescimento das mudas no campo.

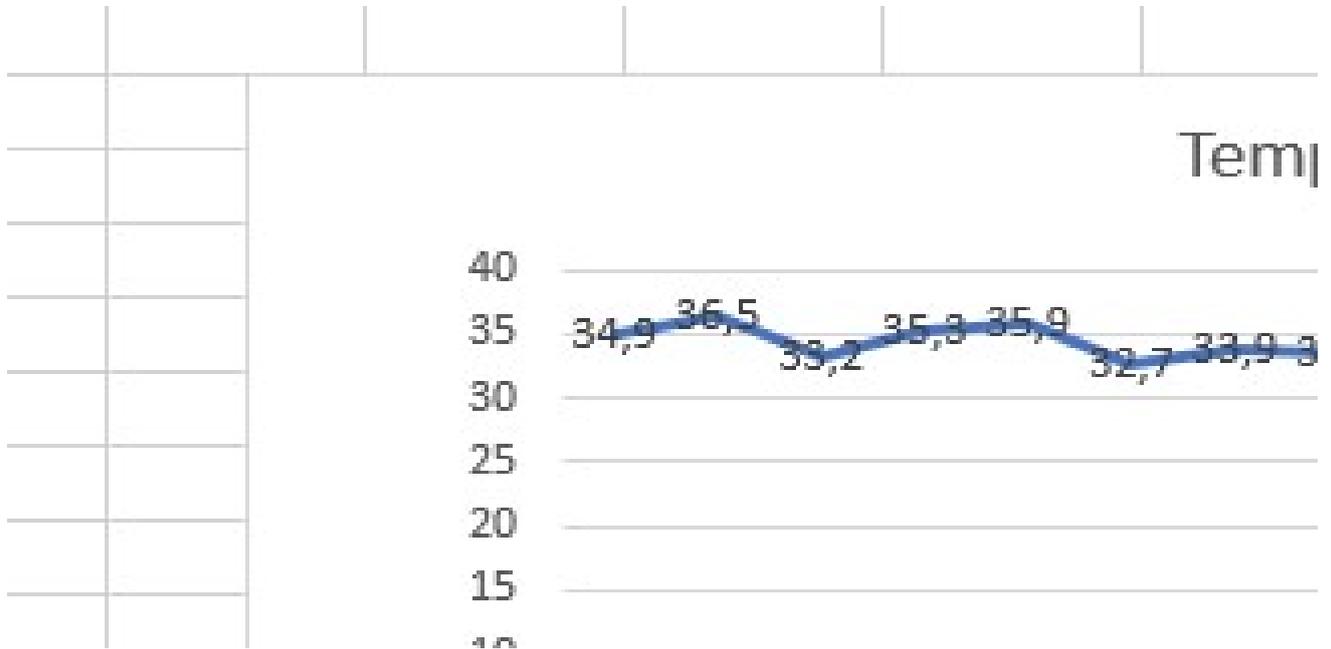
O acompanhamento do estabelecimento das MPBs e a análise visual foram parâmetros essenciais para prever o pegamento e o desenvolvimento fisiológico da planta, ao longo dos 60 dias iniciais de projeto, período este que corresponde a fase de muda, visto que, o tratamento 2, que consistia somente a uma lâmina de 7,5 mm de vinhaça em cada aplicação, apresentou o pior resultado, com sintomas de escassez hídrica e 100% de suas plantas mortas nas primeiras semanas do experimento, demonstrando assim, que a lâmina em questão não foi suficiente para o pegamento das mudas (figura 2).



**Figura 2-** Mudanças de MPB's mortas após 21 DAP, referentes ao tratamento 2.

As figuras 3 e 4 apresentam os valores médios máximos de temperatura do ar e umidade relativa do ar, respectivamente. Com o experimento conduzido em um período característico quente e seco, em ambiente protegido, o valor máximo de temperatura média ocorreu aos 14 DAP, com valor de 35,6 °C. A temperatura média foi de 33,74°C. A umidade média do ar foi de aproximadamente 46,2% ao longo do

período do ensaio, com o maior aos 49 DAP (69%), compreendendo a fase de muda da cana-de-açúcar.



**Figura 3-** Temperatura média máxima do ar (°C) no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar no período do experimento. Araras –SP, 2020.



**Figura 4.** Umidade média máxima do ar (%) no desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar no período do experimento. Araras –SP, 2020.

Na tabela 5 está apresentada a análise química da vinhaça utilizada no experimento. Os dados obtidos por esta análise foram importantes para verificar o aporte de nutrientes no solo pelos tratamentos referentes à aplicação de vinhaça, confirmando que esta pode ser indicada para aumentar os elementos importantes para o adequado desenvolvimento das plantas. Na análise foram considerados os nutrientes: potássio, pH, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, cobre, ferro, manganês e zinco.

**Tabela 5.** Atributos químicos da vinhaça analisada. Araras-SP, 2020.

pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca O	Mg O	SO <sub>4</sub>	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl <sub>2</sub>	-----kg/m <sup>3</sup> -----				-----ppm-----				
4.5	1.68	2.11	0.28	0.64	1.13	1.60	160.00	1.91	0.66

Em relação à comparação das análises químicas do solo realizadas no início do projeto e após seu término, sendo essa amostra retirada do vaso referente ao tratamento 4, característica na camada de 0-20 cm de profundidade, é considerável o valor de agregação dos elementos relevantes do solo com a prática da fertirrigação utilizando-se da vinhaça (tabela 6). As características observadas foram Ca, Mg, K, P, matéria orgânica (MO), pH, acidez total (H+Al), soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V%).

**Tabela 6.** Comparação das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm, realizadas com o solo do tratamento 4. Araras-SP, 2020.

Período	pH	MO	P(resina)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	Mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol/dm <sup>3</sup> -----						
										%
Antes	4,9	27	20	1,8	37	15	36	56,6	92,6	61
Pós	5,3	28	27	4,6	67	24	34	92,8	126,8	73,2

Observa-se que houve um aumento dos nutrientes no solo após a aplicação da vinhaça, de acordo com a tabela acima. Assim sendo, todas as variáveis analisadas apresentaram um aumento em seus valores, exceto a acidez total do solo, visto que, com a incorporação da M.O. presente na vinhaça, esta passa a ser colonizada por fungos, aumentando a quantidade de húmus e conseqüentemente a atividade

microbiana, elevando o pH e a fertilidade do solo, proporcionando uma redução na acidez. Ademais, há argumentos que comprovam o aumento do pH do solo por meio do aumento das bases trocáveis, principalmente K, incrementado pela aplicação da vinhaça, sendo o seu principal componente (NUNES et al., 1981 apud BEBE et al., 2009). É notório que os valores de CTC e SB apresentaram-se elevados, uma vez que são determinados pela somatória de  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$ , ocasionando um valor agregado maior do V%.

A aplicação correta da vinhaça, seguindo as normas estabelecidas pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005 apud SILVA, 2011), pode resultar em redução econômica da adubação, minimizar o potencial de contaminação das águas subterrâneas e possibilitar maior produtividade das plantas, pela utilização do potássio (ROSSETTO et al., 2008). Para uma melhor aplicabilidade, necessita-se a experimentação em campo, a fim de analisar os efeitos sob ambiente não controlado. Como principal limitação a realização deste trabalho pode-se citar a ocorrência de altos valores de temperatura do ar obtidos dentro da casa de vegetação, o que pode ter influenciado no crescimento das plantas.

## 6. CONCLUSÃO

Conclui-se que o tratamento referente à lâmina de 60 mm favoreceu o pegamento e o desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

As plantas submetidas à aplicação total de 15 mm de vinhaça morreram ao longo do experimento

A aplicação de vinhaça ocasionou o incremento no valor das bases trocáveis ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$ ), além de favorecer os aspectos de fertilidade e diminuição da acidez.

## 7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, C. S.; PANDEY, G. S. **Soil pollution by spent wash discharge: depletion of manganese (II) and impairment of its oxidation.** Journal of Environmental Biology, Lucknow, v. 15, p.49-53, 1994.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JR., M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, U. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p. 42- 55, 1987.

ARRUDA PINTO, RICARDO SOARES de (2002). **Indicadores de desempenho de frota de empresas agroindustriais canavieiras brasileiras.** Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. **Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.

BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte.** Piracicaba, p. 65-73; 2007.

BEBE, Felizarda V. et al. **Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n6/v13n6a17.pdf>>. Acesso em: 10 mar.2022.

BISWAS, A.K. **Sustainable water development for developing countries.** International Journal of Water Resources Development, v.4, n.2, p.232-242, 1988.

CASA, R.; D'ANNIBALE, U.; PIERUCCETTI, F.; STAZI, SR.; SERMANNI, L. G.;

CASCIO, B. L. **Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability**. Chemosphere, Oxford, v. 50, n. 8, p. 959-966, 2003.

CAMARGO, J. A.; PEREIRA, N.; CABELLO, P. R.; TERAN F. J. C. **Viabilidade da aplicação do método respirométrico de Bartha para a análise da atividade microbiana de solos sob aplicação de vinhaça**. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, 2009.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. Norma P4.231 de dezembro de 2006. São Paulo, SP, 6 p. Acesso em: março de 2022. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/doc\\_oficina/Vinha%C3%A7a.pdf](http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/doc_oficina/Vinha%C3%A7a.pdf).

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – V. 1 – Brasília: Conab, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 mar.2022.

CHRISTOFOLETTI, C. A. ESCHER, J. P.; CORREIA, J. E.; MARINHO, J.F.U.; FONTANETTI, C. S. **Sugarcanevinasse: environmentalimplicationsof its use**. Waste Management, New York, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013.

DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J.A.; FANCELLI, A.L; PIRES, R.C. de M. **Fertirrigação**. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, M.R. de M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001, 410p.

ELIA, P. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação**. 2016. 86 f. Tese (Mestre em Ciências) – Engenharia de Sistemas Agrícolas. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2016.

FIGUEIREDO, P. **Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil**. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.;

VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008, 882p.

FRAGA JÚNIOR, E. F. **Considerações sobre o manejo de irrigação na produtividade e qualidade de gemas de cana-de-açúcar para viveiros de mudas-pré-brotadas (MPB)**. 2015. 110 f. Tese (Doutorado em Ciência) – Engenharia de Sistemas Agrícolas. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2015.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 203p.

FREITAS, R. G; BAFFA, D. C. F.; BRASIL, R. P. C. do; **Aumento na produtividade da cana-de-açúcar através da irrigação**. Nucleus, Edição Especial; 2009.

FREITAS, R. G; BAFFA, D. C. F.; BRASIL, R. P. C. do; **O uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**. Nucleus, Edição Especial; 2009.

GIACHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. **Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar-revisão de literatura**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, n. 15, p. 1-5, 2009

GOKHALE, M. N. A: A new approach to cane seed nurseries. **Sulgar Technologists Association of India**. Lucknow, v.6, p. 163-166, 1997.

<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>

HOROWITZ, A.; SÁ JÚNIOR, J.P.M.; ALMEIDA, L.M.; DUARTE, P.J. **Transformação do vinhoto em fertilizante completo I. tecnologia**. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.103, n.1, p.7-15, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE 2020. Produção de cana-de-açúcar. Rio de Janeiro. Disponível em

<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>. Acesso em: 14 mar. 2022.

JIANG, Z. P.; LI, Y. R.; WEI, G. P.; LIAO, Q.; SU, T. M.; MENG, Y. C.; ZHANG, H. Y.; LU, C. Y. **Effect of long-term vinasse application on physico-chemical properties of sugarcane field soils.** *Sugar Tech*, New Delhi, v. 14, n. 4, p. 412-417, 2012.

KANNABIRAN, B.; PRAGASAM, A. **Effect of distillery effluent on seed germination, seedling growth and pigment content of *Vigna mungo* (L.)Hepper (CVT 9).** *GeobiosJodhpur, IssylesMoulineaux*, v. 20, p. 108-108, 1993.

LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, D. C. S; FREIRE, E. A. **Possibilidades Tecnológicas para a Destinação da Vinhaça: Uma Revisão.** *Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas, Chapadinha*, v.5, p.16-29, 2011.

LANDELL, MG de A. et al. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas.** Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 17 p.

MAGRO, J.A. **Irrigação em cana.** *STAB, Piracicaba* v.19, n.1, p.44-46, 2000.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. **História e morfologia da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. *Atualização em produção de cana-de-açúcar.* Piracicaba: CP, 2006, 415p.

NAVARRO, A. R.; SEPÚLVEDA, M. del C.; RUBIO, M. C. **Bio-concentrationofvinassefromthealcoholicfermentationof sugar canemolasses.***Waste management, New York*, v. 20, n. 7, p. 581-585, 2000.

PANT, D.; ADHOLEYA, A. **Biological approaches for treatment of distillery wastewater: a review.** *Bioresource technology*, New York, v. 98, n. 12, p. 2321-

2334, 2007.

PARNAUDEAU, V.; CONDOM, N.; OLIVER, R.; CAZEVIEILLE, P.; RECOUS, S. **Vinasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes.** Bioresource technology, New York, v. 99, n. 6, p. 1553-1562, 2008.

PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; ALBUQUERQUE, P. H.S.; CUNHA, A. C. **Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, p. 197-201, 2005

RIBEIRO, B.T.; LIMAI, J. M. DE.; GUILHERMEII, L. R. G.; JULIÃO, L. G. F. **Lead sorption and leaching from an Inceptisol sample amended with sugarcane vinasse.** ScientiaAgricola, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 441-447, 2010.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; TAVARES, S. Potássio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.de; LANDELL, M. G. de A., (ed.). **Cana-de-Açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico, p. 289-312, 2008

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SOUZA, K.J.; SOUSA, A.M.G.; VASCONCELOS, C.L.; ANDRADE, L.A.B. **Efeito da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (Saccharum spp) e em solos com diferentes níveis texturais.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.31, n.3, p.1470- 1476, 2007.

SCANAVINI., J. G. V. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação.** 2014. 89 f. Tese (Mestre em Ciências) – Engenharia de Sistemas Agrícolas. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2014.

SILVA, A. M. P. da; **Fertirrigação com o uso de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar e seu efeito no solo.** 2011. Dissertação (mestrado). Universidade Anhanguera- Uniderp (Programa de Mestrado Profissional em Produção e Gestão

Agroindustrial). Campo Grande- MS. 2011.

SILVA, M. A. S; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. **Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

SILVA, R. R.; COELHO, G. D. **Fungos: principais grupos e aplicações biotecnológicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

SILVA, Mellissa A. S. da et al. **Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 1, p.108-114, set. 2006

SOUZA, Jânio Kleiber Camelo de et al. **Fertirrigação com vinhaça na produção de canade-açúcar**. Agropecuária Científica no Semiárido, Campus de Pato, v. 8, n. 2, p.7-12, abr. 2015

WADT, L. C. **cultivo de Pleurotus spp. em vinhaça visando à produção de biomassa exopolissacarídeos**. 2008. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ZÚÑIGA, F. B.; BAZÚA, C. D.; LOZANO, R. **Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinazas**. Revista internacional de contaminación ambiental, Mexico City, v. 16, n. 3, p. 89-101, 2000

