



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FRANCISCO IVANILSON BARBOSA

**DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE
CANA-DE-AÇUCAR (*Saccharum spp.*) CULTIVADAS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

**JOÃO PESSOA
2023**

FRANCISCO IVANILSON BARBOSA

**DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE
CANA-DE-AÇUCAR (*Saccharum spp.*) CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

Monografia apresentada a Faculdade Nova Esperança como parte dos requisitos exigidos para conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia.

Linha de pesquisa: Biotecnologias aplicada as grandes culturas.

Orientador: Prof. Dr. Robson da Silva Ramos

JOÃO PESSOA

2023

B197d

Barbosa, Francisco Ivanilson

Desenvolvimento agronômico de mudas micropropagadas de cana-de-açúcar *Saccharum spp* cultivadas em diferentes substratos / Francisco Ivanilson Barbosa – João Pessoa, 2023.

27f.; il.

Orientador: Profº. Dº. Robson da Silva Ramos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Aclimação. 2. Cultura de Tecido. 3. Composto Orgânico.
I. Título.

CDU: 633.61

FRANCISCO IVANILSON BARBOSA

**DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE
CANA-DE-AÇUCAR (*Saccharum spp.*) CULTIVADAS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

Monografia apresentada a Faculdade Nova Esperança como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, tendo obtido o conceito _____ conforme a apreciação da banca examinadora.

João Pessoa _____ de _____ de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Robson da Silva Ramos
Agronomia -Facene

Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins
Agronomia -Facene

Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus
Agronomia -Facene

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por me amparar nos momentos difíceis, sempre foi nele que busquei o suporte espiritual que precisei ao longo dessa caminhada. Muitas vezes titubeei, mas Deus tocou meu interior e fez com que eu superasse todas minhas dificuldades e me nutriu com o sentimento mais forte que existe, que foi minha fé em tudo que ele planejou pra mim. Isso tudo só foi possível porque Deus me deu respostas nos momentos que nem eu acreditava que iria dá certo.

Aos meus pais, Francisco Quirino Barbosa, *in memoria*, sei que onde ele estiver está orgulhoso por eu ter conseguido realizar esse sonho e a minha mãe Maria Carmelita Quirino Barbosa que sempre esteve do meu lado em toda essa caminhada.

Aos meus familiares pelo apoio ao longo de toda a graduação.

As minhas filhas, Ana Carolina Pereira Barbosa e Maria Eduarda Pereira Barbosa que mesmo estando longe sempre estiveram me apoiando e incentivando, hoje me sinto orgulhoso em saber que sou um exemplo de pai para vocês, espero que meu esforço e dedicação possam ser um referencial para vocês, eu sempre irei amar vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Robson da Silva Ramos por acreditar em mim, me mostrar o caminho da ciência e contribuir para o meu crescimento profissional, ter me apoiado na hora que mais tive dificuldades em dá seguimento em nosso trabalho, diante das dificuldades ele sempre acreditou em mim e tive seu apoio não só nas orientações técnicas, mais também apoio emocional.

Aos membros da minha banca examinadora, Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins e o Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus pelas contribuições ao trabalho.

Ao CETENE pelo apoio na realização do experimento.

A Faculdade Nova Esperança, (FACENE) por ter contribuído para o meu aprendizado durante toda graduação, estando sempre presente disponibilizando as suas dependências físicas, acervo cultural e laboratoriais, como também as práticas agronômicas na fazenda escola. Enfim, se não fosse todo empenho da instituição nada disso seria possível.

A todos os colegas, em especial ao grupo de estudos ao qual fiz parte desde o P1, e professores da Agronomia pelo convívio e aprendizado.

E a todos que de alguma forma contribuíram na elaboração deste trabalho.

A todos vocês, muito obrigado!

“Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente.”

Henfil

**DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE MUDAS
MICROPROPAGADAS DE CANA-DE-AÇUCAR (*Saccharum spp.*)
CULTIVADAS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

**AGRONOMIC DEVELOPMENT OF MICROPROPAGATED SEEDS OF
SUGARCANE (*Saccharum spp.*) GROWN IN DIFFERENT
SUBSTRATES**

RESUMO

A micropropagação da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) produz grande quantidade de materiais propagativos, com excelentes características agronômicas e fidelidade genética, em curtos períodos de tempo e espaço. Entretanto, a micropropagação apresenta custo inicial relativamente elevado, em especial na etapa de aclimação, em função do alto custo do substrato comercial. Para reduzir tais custos, o uso de composto orgânico classe A tem se mostrado uma alternativa viável. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento agronômico de mudas micropropagadas de cana-de-açúcar cultivadas em diferentes doses de substratos que possam reduzir os custos de produção e o tempo de adaptação em casa de vegetação. O experimento foi conduzido na casa de vegetação anexa a Biofábrica Governador Miguel Arraes do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. A variedade RB92579 foi avaliada em 5 tratamentos: T1 (Basaplant® - 100% - testemunha), T2 (Basaplant® - 75% + Composto Orgânico classe A - 25%), T3 (Basaplant® - 50% + Composto Orgânico classe A - 50%), T4 (Basaplant® - 25% + Composto Orgânico classe A - 75%), T5 (Composto Orgânico classe A - 100%). Foram avaliadas variáveis morfoagronômicas e biométricas aos 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias após o plantio. Foram promovidas análises de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Identificou-se que os tratamentos T2 e T3 podem substituir o composto comercial para o desenvolvimento de mudas micropropagadas durante a aclimação, caracterizando-se como alternativas sustentáveis para redução de custos na produção de mudas micropropagadas de cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: Aclimação; Cultura de tecido; Composto orgânico.

ABSTRACT

The micropropagation of sugarcane (*Saccharum* ssp.) produces a large amount of propagation material, with excellent agronomic characteristics and genetic fidelity, in short periods of time and space. However, micropropagation has a relatively high initial cost, especially in the acclimatization stage, due to the high cost of the commercial substrate. To reduce such costs, the use of class A organic compost has been shown to be a viable alternative. The objective was to evaluate the agronomic development of micropropagated sugarcane seedlings grown in different doses of substrates that may reduce production costs and adaptation time in a greenhouse. The experiment was carried out in the greenhouse attached to the Governador Miguel Arraes Biofactory of the Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, in a randomized block design, with four replications. The RB92579 variety was evaluated in 5 treatments: T1 (Basaplant® - 100% - control), T2 (Basaplant® - 75% + Class A Organic Compost - 25%), T3 (Basaplant® - 50% + Class A Organic Compost - 50%), T3 (Basaplant® - 25% + Class A Organic Compost - 75%), T5 (Class A Organic Compost - 100%). Morphoagronomic and biometric variables were evaluated at 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days after planting. Analyzes of variance and Tukey's test at 5% probability were carried out. It was identified that treatments T2 and T3 can replace the commercial behavior for the development of micropropagated seedlings during acclimatization, characterizing themselves as sustainable alternatives for cost reduction in the production of micropropagated seedlings of sugarcane.

KEYWORDS: Acclimatization; Tissue culture; Organic compost

1 INTRODUÇÃO

A cultura de tecidos meristemáticos é uma ferramenta biotecnológica que permite a multiplicação em larga escala de espécies vegetais, em especial aquelas de difícil propagação por outros métodos. O método consiste no isolamento do explante inicial a ser micropropagado, clamado de meristema apical, que depois de isolado e inoculado em meio de cultura apropriado se desenvolve dando origem às plântulas que serão multiplicadas, enraizadas e aclimatizadas¹. O método confere maior qualidade e uniformidade genética nos canaviais, e a rápida propagação da variedade desejada².

É importante que micropropagação vise replicar rapidamente as melhores variedades no âmbito produtivo e qualitativo³, com alto potencial genético e resistentes a pragas e doenças⁴. A multiplicação em curtos períodos de tempo e em grandes quantidades de variedades recém-lançadas evidencia a importância do método⁵, além de mudas com excelentes condições fitossanitárias, rápido desenvolvimento vegetativo e uniformidade genética^{6,7}.

Diversos trabalhos mencionam seus aspectos benéficos, tais como: produção de mudas em qualquer estação do ano; redução do tempo para propagação e desenvolvimento; diminuição da área de sementeira; manutenção de alto padrão fitossanitário; multiplicação com alta fidelidade genética^{8,9}. Tais benefícios são alcançados porque a cultura de tecidos vegetais permite realizar a limpeza clonal¹⁰. Além disso, combina-se com a termoterapia e/ou quimioterapia para favorecer o alto padrão fitossanitário¹¹.

Apesar de todas as vantagens, os altos custos envolvidos na micropropagação são ainda um grande obstáculo ao seu uso mais amplo. Várias alternativas, como automação, mudança de atividades de produção para países com mão de obra mais barata, substituição de insumos onerosos empregados no cultivo e aumento das taxas de multiplicação das plantas têm sido sugeridos para reduzir os custos das plantas oriundas da cultura de tecidos. A maioria dessas opções é de difícil implementação, seja por limitações tecnológicas, biológicas ou econômicas¹².

Outro importante obstáculo produtivo é a alta porcentagem de plantas perdidas ou danificadas quando transferidas do ambiente *in vitro* para estufas e subsequente condição de campo¹³. Esta etapa de aclimação das mudas em casa de vegetação é um aspecto fundamental na culminância do processo de micropropagação, pois impacta diretamente na qualidade final da planta^{5, 11}. devendo ser refinada para uma maior sobrevivência das mudas⁵. Assim, mesmo a micropropagação em escala comercial já sendo economicamente viável para a cultura da cana-de-açúcar, mais ainda necessita de ajustes nos processos produtivos para que os custos de

produção de plântulas sejam reduzidos, facilitando ainda mais o acesso do produtor ao produto, em especial o pequeno produtor.

A alta capacidade produtiva, associada ao refino nos bioprocessos de multiplicação conduzidos na Biofábrica Governador Miguel Arrais do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), permitem o favorecimento de mudas de cana-de-açúcar a baixo custo. Cota-se que o custo unitário para a aquisição de uma muda micropropagada no CETENE seja de R\$ 0,70. Porém, aproximadamente 17,5% desse valor é associado ao uso de substrato comercial no momento de aclimação em casa de vegetação.

Um dos grandes desafios para a produção de mudas é a escolha de um substrato que seja satisfatório para atender as necessidades nutricionais da cultura^{14,15,16}. No cultivo de mudas micropropagadas, por se tratar de um sistema relativamente novo, ainda precisa de estudos mais detalhados para que se encontre um substrato ou a composição mais adequada para esse manejo, pois, trata-se de um substrato que fornece suporte nutricional a uma parte meristemática propagada e também condições ideais de aclimação¹⁷.

A escolha do substrato correto vai dar condições para formação de um sistema radicular bem desenvolvido, o que indicará mais ganho de massa e menos tempo de aclimação, também resultará em maior suporte nutricional no desenvolvimento vegetativo em fase de campo^{18,19}. Traz, ainda, vantagens econômicas em tempo de produção, mas ainda se busca o melhor material para diminuir esse tempo de viveiro²⁰. Como alternativa para substituição total ou parcial de tal produto, pode-se adotar o uso de compostos orgânicos condicionadores de solo, como biofertilizantes. Para obtenção de biofertilizantes a base de extratos vegetais, utiliza-se a compostagem. Tais conceitos são definidos na instrução normativa N° 61, de 8 de julho de 2020, em seus artigos 2° e 3°.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento agrônômico de mudas micropropagadas cultivadas (aclimatadas) em composto orgânico classe A isolado e em mistura com o substrato comercial, visando identificar alternativas que possam reduzir os custos produtivos.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na casa de vegetação anexa a Biofábrica Governador Miguel Arraes do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições de tratamento. Blocos Casualizados (DBC) com quatro repetições de tratamentos.

Foram avaliados cinco tratamentos: T1 (Basaplant® - 100% - testemunha), T2 (Basaplant® - 75% + Composto Orgânico classe A - 25%), T3 (Basaplant® - 50% + Composto Orgânico classe A - 50%), T4 (Basaplant® - 25% + Composto Orgânico classe A - 75%), T5 (Composto Orgânico classe A - 100%). Cada parcela experimental foi composta por 30 mudas, totalizando 600 mudas em todo experimento, conforme a figura 1.

T1	T2	T4	T5
T2	T4	T3	T1
T3	T1	T5	T3
T4	T5	T1	T2
T5	T3	T2	T4
BI	BII	BIII	BIV

FIGURA 1. Croqui do experimento dentro da casa de vegetação

O substrato condicionador de solos classe A, usado na mistura provém de compostagem feita por resíduos vegetais oriundos da CEASA -PE, que fica na proximidade do CETENE. Esse composto orgânico ainda não tem o resultado das análises de componentes nutricionais, nem de granulometria nele existente.

O material biológico foi a variedade de cana-de-açúcar RB92579, liberada comercialmente pelo Programa de Melhoramento Genético da Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina da Universidade Federal Rural de Pernambuco, ligada a Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA).

As bandejas com 30 tubetes por tratamento foram dispostas em bancadas de 1,0 metro de altura. As plântulas receberam irrigação por nebulização quatro vezes ao dia, com lâmina de reposição da evapotranspiração média de 3 ml.

Foram avaliadas as seguintes variáveis morfoagronômicas e biométricas:

- Mortalidade % – (contagem do número de plântulas mortas / número de plântulas totais) x 100;

- Sobrevivência % – (contagem do número de plântulas vivas / número de plântulas totais) x 100;
- Estatura do colmo principal – medida do nível do solo até o primeiro colar visível;
- Diâmetro do colmo principal – medida no terço médio, com auxílio de paquímetro digital;
- Comprimento de folha – medição da folha +1;
- Diâmetro de folha – medição do terço médio da folha +1;
- Massa seca de raiz – Estufa por 72 horas entre 65 a 80 graus, pesando-se a amostra em seguida em balança analítica;
- Massa seca de folha – Estufa por 72 horas entre 65 a 80 graus, pesando-se a amostra em seguida em balança analítica.

As mensurações ocorreram a cada intervalo de 10 dias por 60 dias, totalizando 6 avaliações, exceto para massa seca da folha e massa seca da raiz que foram mensuradas apenas na última avaliação.

Para entender o comportamento médio do desenvolvimento agrônômico foi promovida a análise de variância em grupos de experimento/análise conjunta, desdobrando-se a interação tratamento x tempo. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Também foi promovida uma análise de regressão. Tais análises foram promovidas no Programa GENES (1997).

3 RESULTADOS E DISCURSÕES

Observou-se na análise de variância que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para as fontes de variação tratamentos (composições de substratos) e para os ambientes (períodos avaliativos), conforme a tabela 1.

TABELA 1. Decomposição da análise de variância em grupos experimentais.

Decomposição da ANOVA	FV	Mortalidade		Sobrevivência	Nº de colmos	Estatura de colmos	Diâmetro de colmos	Comprimento de folhas
		GL	QM	QM	QM	QM	QM	QM
BLOCOS/AMB	18	0,4818	0,1684	0,4485	0,7549	0,1618	36,80569	
BLOCOS	3	2,3865	0,7837	1,4680	0,0559	0,0592	36,37756	
BL x AMB	15	0,1009	0,0453	0,2446	0,8947	0,1823	36,89132	
TRATAMENTOS	4	29,2298 **	10,6861**	8,4219**	5,2296**	2,0609**	89,25907ns	
AMBIENTES	5	2,4928 **	1,0724**	8,4340**	90,9938**	19,2966**	3629,72943**	
TRATxAMB	20	0,1098 ns	0,0565ns	0,2193ns	1,1110ns	0,2491ns	58,99594**	
RESÍDUO	72	0,5967	0,36707	0,2602	1,0162	0,2802	30,26003	
TOTAL	119							
MÉDIA		2,9450	4,3754	2,3223	5,1158	2,4160	25,3702	
CV(%)		26,23	13,8471	21,9664	19,7050	21,9080	21,6826	

Os coeficientes de variação ambiental (CV%) foram considerados médio a alto, mas sem comprometer os resultados por interferência do acaso (GOMES, 2015). Os dados das variáveis mortalidade e sobrevivência, por se tratar de dados de contagem direta, foram transformados para raiz quadrada de (x), mesmo os dados brutos já atendendo a normalidade. Para as demais variáveis os dados foram analisados na forma original.

Verifica-se ainda que não há diferença estatística significativa para a interação dos tratamentos com os períodos avaliativos, indicando que os tratamentos evoluíram na mesma magnitude e de forma linear (Tabela 1). Afirmação que pode ser confirmada na figura 2.

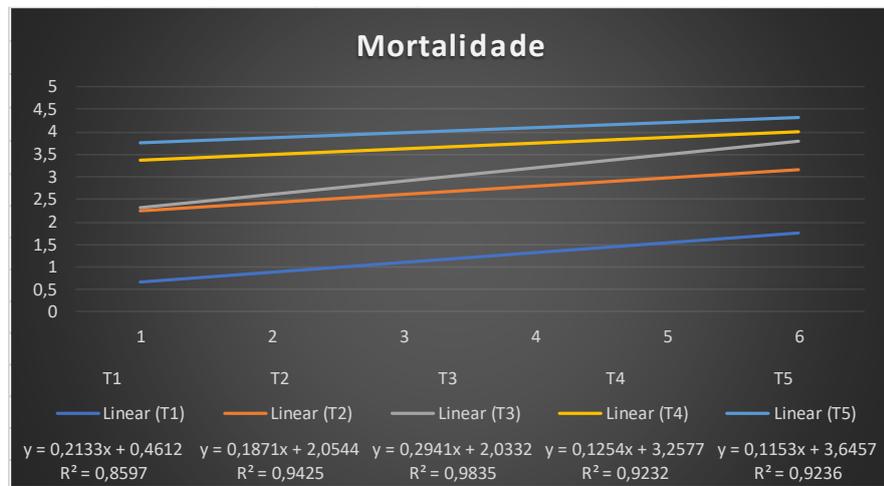


FIGURA 2. Resultado da análise conjunta para a mortalidade média das plantas.

A figura 1 mostra os resultados da análise de regressão com comportamento linear e bons ajustamentos de coeficiente de determinação (R^2) para todos os tratamentos, salientando para a não significância para a interação.

Ao se promover o teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade foi verificado que os tratamentos T1 (padrão) e T2 obtiverão os melhores resultados ao longo dos períodos avaliativos, para a variável mortalidade (Tabela 2).

TABELA 2. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável mortalidade.

Tratamentos	Avaliações					
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
T1	0,8536 b	0,8536 c	0,8536 b	1,3536 b	1,4330 b	1,8989 b
T2	2,3445 ab	2,4236 b	2,4906 a	2,7341 ab	3,0082 a	3,2549 ab
T3	2,3231 ab	2,6118 ab	2,9889 a	3,0913 a	3,5790 a	3,7808 a
T4	3,3375 a	3,5829 ab	3,6748 a	3,7011 a	3,8074 a	4,0751 a
T5	3,6967 a	3,9792 a	3,9792 a	4,1100 a	4,1633 a	4,3671 a

No último período avaliativo, o valor para a mortalidade foi de 1,89² plântulas (T1) e 3,25² (T2), valores que são considerados iguais pelo teste. Entretanto, ao se promover uma

análise da mortalidade média ao longo de todos os períodos, observa-se que o T1 se destaca e os tratamentos T2 e T3 apresentam resultados semelhantes estatisticamente. Tal observação pode ser melhor visualizada na figura 3.

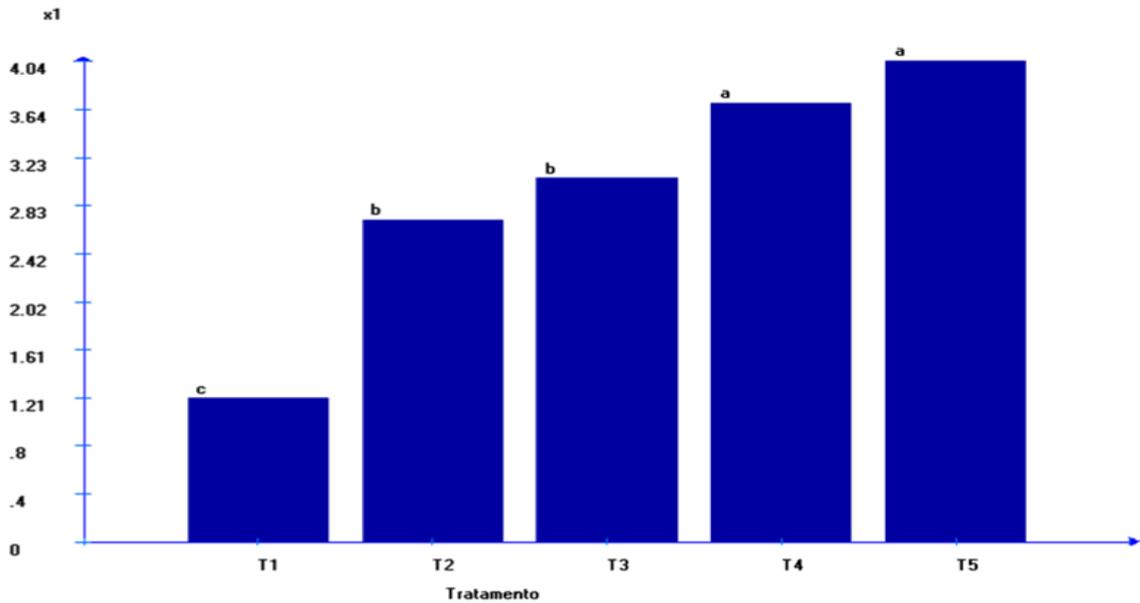


FIGURA 3. Resultado análise conjunta para a mortalidade média das plantas.

Observa-se na figura acima que o T1 apresentou a menor mortalidade e que os tratamentos T2 e T3 estão classificados logo em seguida.

O teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade apontou para a variável sobrevivência um comportamento semelhante ao observado para mortalidade, com os tratamentos T1 (padrão) e T2 apresentando os melhores resultados ao final dos períodos avaliativos (Tabela 3).

TABELA 3. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável sobrevivência.

Tratamentos	Avaliações											
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
T1	5,3362	a	5,3362	a	5,3362	a	5,2902	a	5,2664	a	5,1214	a
T2	4,9184	ab	4,8625	ab	4,8382	ab	4,7063	ab	4,5055	ab	4,3328	ab
T3	4,9163	ab	4,7568	ab	4,5000	ab	4,4490	ab	4,1091	ab	3,9179	b
T4	4,1353	b	3,9412	b	3,8876	b	3,8419	b	3,7522	b	3,4576	b
T5	4,0219	b	3,7129	b	3,7129	b	3,5843	b	3,4957	b	3,2192	b

No último período avaliativo, o valor para a sobrevivência foi de 5,12² plântulas (T1) e 4,33² (T2), valores que são considerados iguais pelo teste. No entanto, ao se promover uma análise da sobrevivência média ao longo de todos os períodos, observasse que o T1 se destaca e os tratamentos T2 e T3 apresentam resultados semelhantes estatisticamente. Tal observação

pode ser melhor visualizada na figura 4.

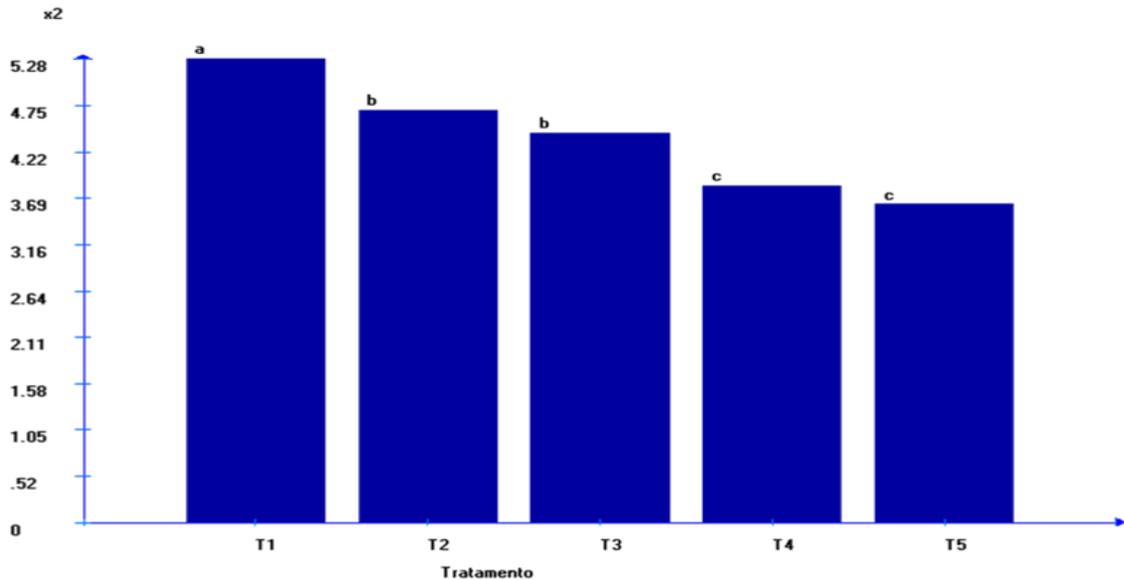


FIGURA 4. Resultado análise conjunta para a sobrevivência média das plantas.

Observa-se na figura acima que o T1 apresentou a maior sobrevivência e que os tratamentos T2 e T3 estão classificados logo em seguida. A figura 4 mostra que para todos os tratamentos também foi verificado decréscimo linear de sobrevivência. Os ajustes de coeficiente de determinação foram considerados bons, com exceção do T1 que apresentou um ajuste baixo.

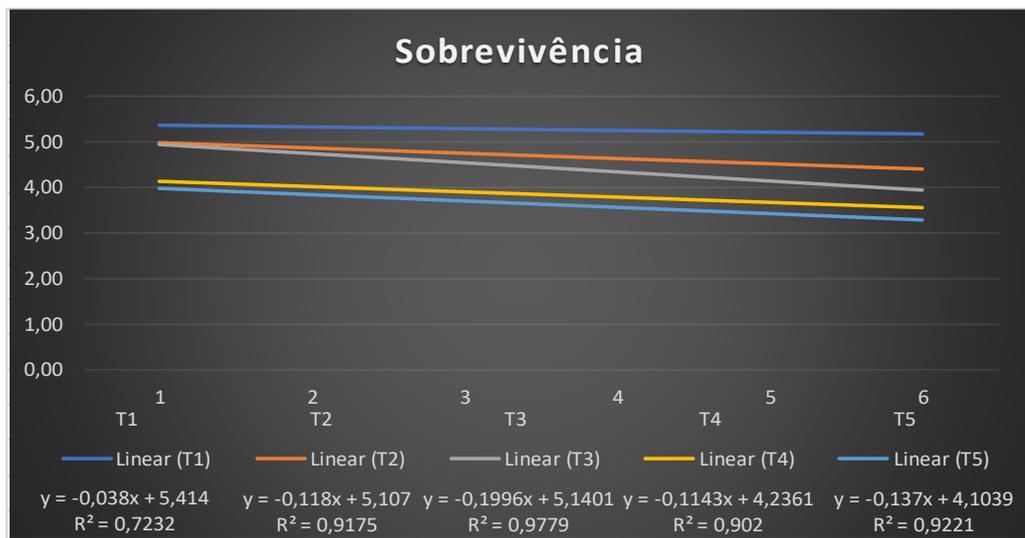


FIGURA 5. Resultado da análise conjunta para a mortalidade média das plantas.

Os ajustes de coeficiente de determinação foram considerados bons, com exceção do T1 que apresentou um ajuste baixo.

Para a variável número médio de colmos, o teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade apontou que os tratamentos T1 (padrão) e T2 também apresentou os melhores

resultados ao final dos períodos avaliativos (Tabela 4).

TABELA 4. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável número médio de colmos.

Tratamentos	Avaliações					
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
T1	1,7500 a	2,0675 a	2,4175 ab	2,6325 ab	2,9663 ab	3,6000 ab
T2	2,0000 a	2,0750 a	2,8125 a	3,3175 a	3,9350 a	4,5675 a
T3	1,8500 a	1,8600 a	2,2100 ab	2,5750 abc	2,8838 b	3,1675 bc
T4	1,1500 a	1,4750 a	1,6000 b	2,0425 bc	2,3588 b	2,7000 bc
T5	1,1500 a	1,1500 a	1,5013 b	1,5763 c	1,9763 b	2,3000 c

No último período avaliativo, a quantidade média de colmos por plântula foi de 3,6 (T1) e 4,57 (T2), valores que são considerados iguais pelo teste. Contudo, ao se promover uma análise do perfilamento médio ao longo de todos os períodos, observa-se que o tratamento T2 apresentou o melhor resultado. Tal observação pode ser melhor visualizada na figura 6.

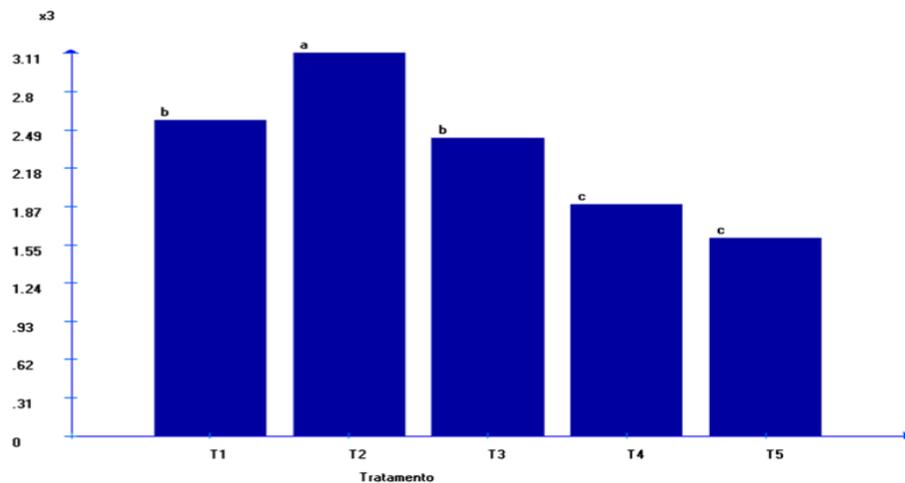


FIGURA 6. Resultado análise conjunta para a número médio de colmos.

Observa-se na figura acima que o T2 apresentou a maior sobrevivência e que os tratamentos T1 e T3 estão classificados logo em seguida.

A figura 6 mostra que para todos os tratamentos também foi verificado incremento linear de do número de colmos por plântula.

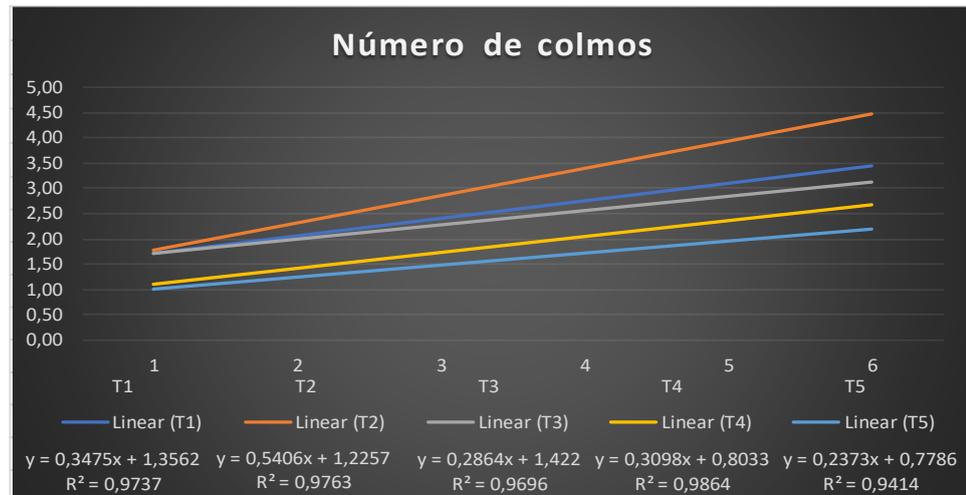


FIGURA 7. Resultado da análise de regressão para a número médio de colmos.

O crescimento linear mais acentuado do número de colmos do tratamento 2 verificado na figura 6 corrobora com os dados o teste de Tukey, com comportamento linear e bons ajustamentos de coeficiente de determinação (R^2) para todos os tratamentos pelo resultado da análise de regressão, salientando para a não significância para a interação.

Para a variável estatura média de colmos, o teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade apontou que os tratamentos T2, T3 e T4 foram estatisticamente iguais, mas que apenas o tratamento 4 se diferencia da testemunha (Tabela 5).

TABELA 5. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável estatura média de colmos.

Tratamentos	Avaliações					
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
T1	3,1950 a	3,5300 a	3,7650 a	4,3250 a	5,0500 a	8,2000 bc
T2	3,0425 a	3,7100 a	4,5700 a	5,6500 a	6,4250 a	9,6000 ab
T3	3,4125 a	3,9025 a	4,8825 a	5,6100 a	6,1500 a	9,2500 ab
T4	2,8350 a	3,1700 a	4,3075 a	5,1250 a	6,1000 a	10,3500 a
T5	2,1575 a	3,6200 a	3,8675 a	5,0025 a	5,5250 a	7,1425 c

Entretanto, os tratamentos T2 e T3 se mantiveram iguais estatisticamente ao T1 (padrão) ao final dos períodos avaliativos (Tabela 5). Salienta-se que essa evolução da magnitude da estatura só foi observada no último período avaliativo, aos 63 DAP. Em todos os demais períodos anteriores se mantiveram iguais.

O crescimento médio da estatura ao longo dos períodos avaliativos pode ser observado na figura 8.

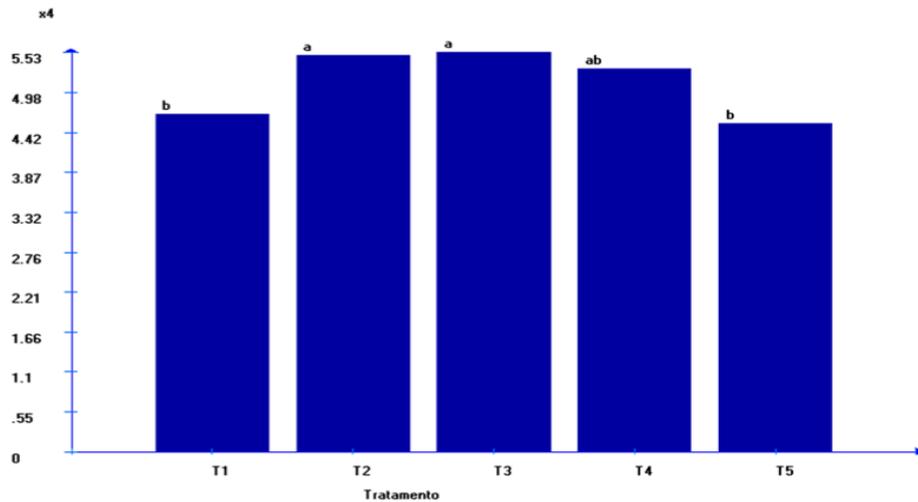


FIGURA 8. Resultado análise conjunta para a estatura média do colmo.

Observa-se que os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram os melhores desenvolvimento médio. Porém, o tratamento 4 equiparou-se a testemunha e ao tratamento 5 ao longo do tempo, mesmo destacando-se na avaliação final. Indicando que nos períodos iniciais da aclimação houve uma maior sensibilidade ao composto orgânico classe A. Desse modo, apenas os tratamentos T2 e T3 se destacam em relação a testemunha.

A figura 8 mostra que para todos os tratamentos também foi verificado incremento linear do número de colmos por plântula. Todavia, como indicado na decomposição da análise de variância observou-se diferenças entre os ambientes para o crescimento nos períodos avaliativos.

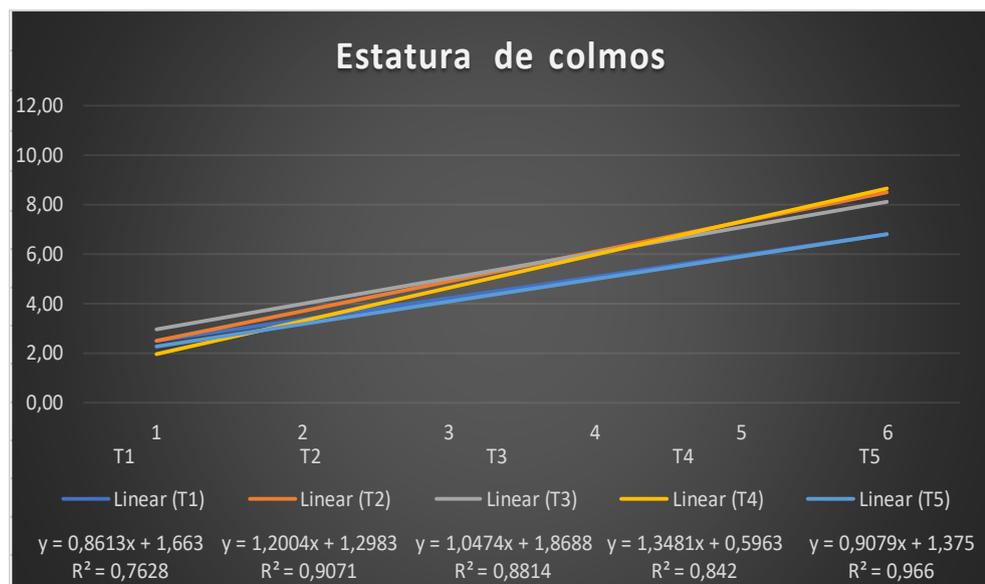


FIGURA 9. Resultado da análise de regressão para a estatura média de colmos.

O crescimento linear mais acentuado da estatura média do colmo foi observado nos tratamentos T2, T3 e T4, salientando-se que o tratamento T1 apresentou a menor taxa de crescimento médio, juntamente com o T5. Na figura 8 corrobora com os dados o teste de Tukey

e na análise de variância, com comportamento linear e bons ajustamentos de coeficiente de determinação (R^2) para todos os tratamentos pelo resultado da análise de regressão, salientando para significância para os ambientes (tempo).

Para a variável diâmetro médio de colmos, o teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade apontou que os tratamentos T3 e T4 foram estatisticamente iguais e apresentaram as maiores médias, mas, apenas o tratamento T3 se diferencia da testemunha e demais tratamentos (Tabela 6).

TABELA 6. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável diâmetro médio de colmos.

Tratamentos	Avaliações						
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	
T1	1,1925	a 1,7525	a 2,1450	a 2,4750	a 2,7275	a 3,5975	b
T2	1,0800	a 1,4150	a 2,2950	a 2,6325	a 2,8050	a 3,8200	b
T3	1,7950	a 2,1300	a 2,3100	a 2,8650	a 3,4500	a 4,9275	a
T4	1,0050	a 1,2700	a 1,7625	a 1,9700	a 2,4600	a 4,3400	ab
T5	1,6450	a 1,7400	a 2,0100	a 2,3750	a 2,6650	a 3,8225	b

Assim como na variável “estatura média do colmo”, só pode-se verificar diferenças significativa no último período avaliativo. Em todos os demais períodos anteriores se mantiveram iguais. Isso pode estar associado a mudança de fase fenológica da cana-de-açúcar, saindo da fase de brotação (que leva em média 30 DAP) para a fase de perfilhamento lento que pode durar de 30 à 90 dias, fase na qual o alongamento e o enchimento do colmo ocorrem de forma lenta e gradual, evidenciando-se.

O crescimento médio do Diâmetro ao longo dos períodos avaliativos pode ser observado na figura 10.

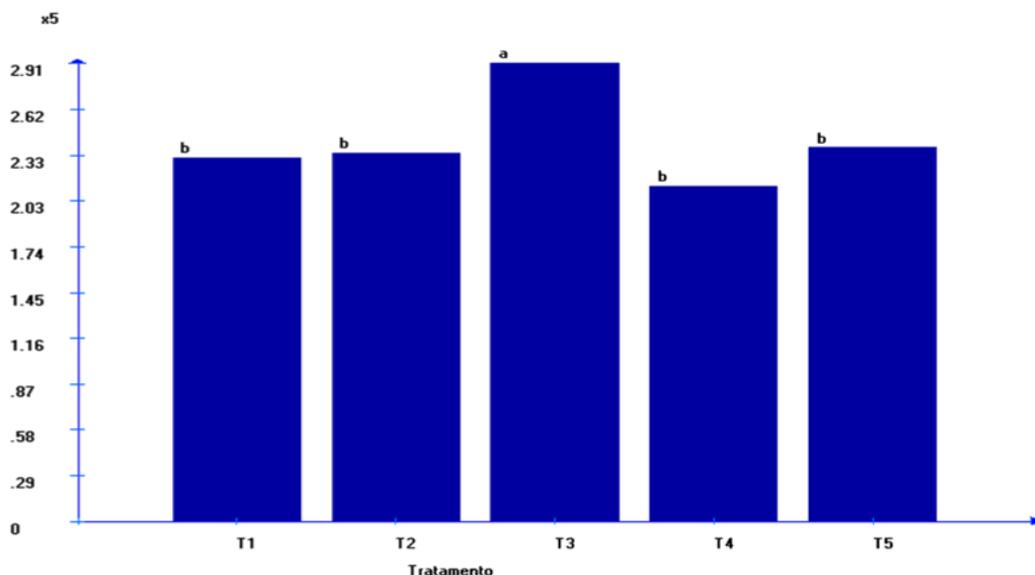


FIGURA 10. Resultado análise conjunta para o diâmetro médio do colmo.

Observa-se que o tratamento T3 apresentou o melhor desenvolvimento médio. Todos os demais tratamentos se igualaram estatisticamente a testemunha (figura 9). Já a figura 10 mostra que para todos os tratamentos também foi verificado incremento linear de diâmetro médio de colmos por plântula. Contudo, como indicado na decomposição da análise de variância, observou-se diferenças no crescimento a longo dos períodos avaliativos.

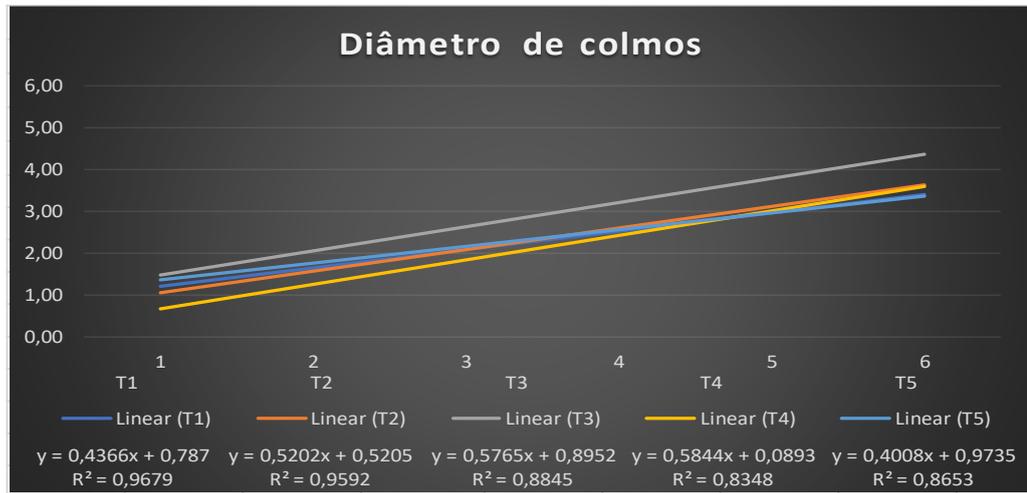


FIGURA 11. Resultado da análise de regressão para a diâmetro médio de colmos.

Em função diferença de velocidade de crescimento entre os ambientes (tempo), verificou-se que os tratamentos T1, T2, T4 e T5 acabaram se igualando em diâmetro, enquanto o tratamento T3, que não apresentou interação, manteve-se com a maior média. Apresentaram também comportamento linear e bons ajustes de R^2 .

Para a variável comprimento da folha, observou-se – pelo teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade – que apenas o tratamento T3 se diferencia estatisticamente da testemunha T1, fazendo parte do grupo de maior média, juntamente com T2 e T4 (Tabela 7).

TABELA 7. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável comprimento médio da folha.

Tratamentos	Avaliações					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
T1	12,3925 a	16,8425 a	17,5000 a	21,3400 a	25,4250 a	48,5000 b
T2	12,0300 a	18,4150 a	21,2925 a	24,6325 a	28,0000 a	53,2500 ab
T3	15,3800 a	18,2175 a	21,5825 a	25,3100 a	30,6500 a	52,7500 ab
T4	12,4625 a	14,1675 a	19,4750 a	23,6000 a	28,8500 a	61,2500 a
T5	11,5100 a	15,2050 a	20,6500 a	23,9000 a	29,9000 a	36,6250 c

A figura 11 mostra a avaliação do crescimento médio do comprimento da folha. Observa-se que a velocidade média de crescimento não foi significativa. Mesmo com as maiores médias sendo observadas para T2, T3 e T4.

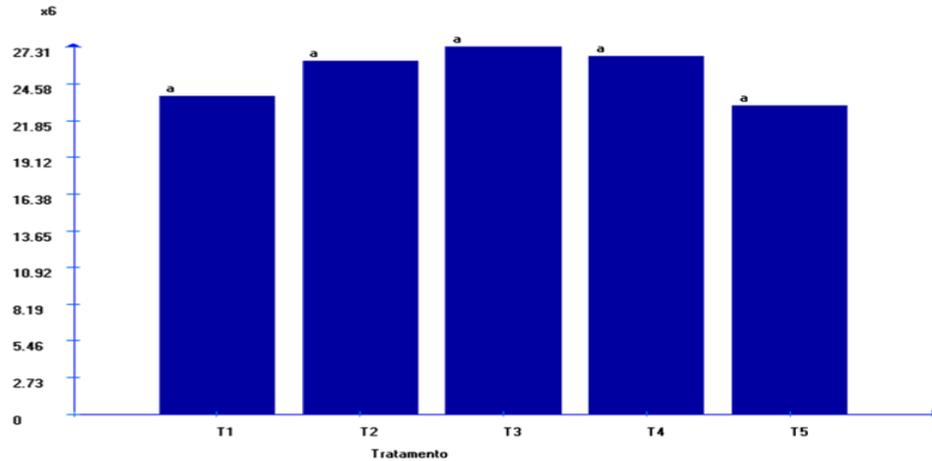


FIGURA 12. Resultado da análise conjunta para o comprimento médio de folhas.

A figura 12 exibe incremento linear de comprimento médio de folhas por plântula. Mas, como indicado na decomposição da análise de variância, observou-se interação entre o crescimento e os períodos avaliativos.

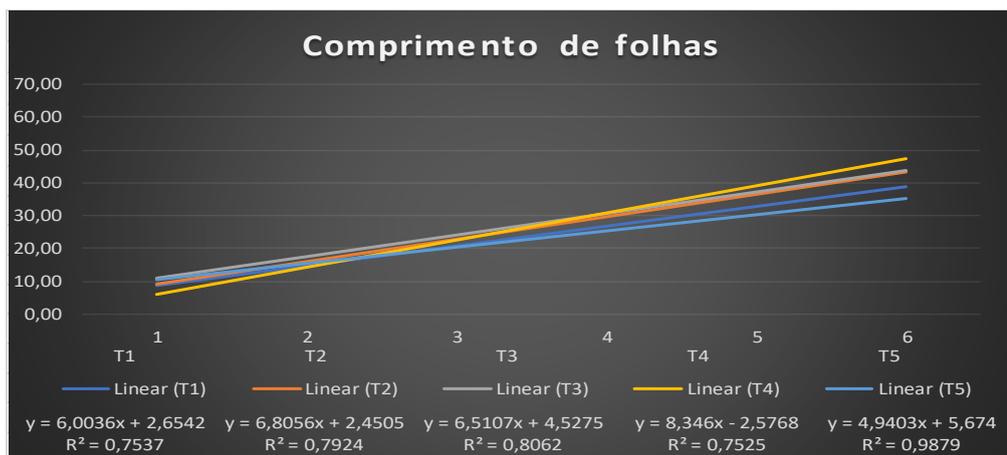


FIGURA 13. Resultado da análise de regressão para a comprimento médio de folhas.

A figura 13 exibe incremento linear de comprimento médio de folhas por plântula. Entretanto, como indicado na decomposição da análise de variância, observou-se interação significativa entre o crescimento e os períodos avaliativos. Isso culmina em ajustes de R² mais baixos para o modelo. Porém, ainda foram melhores que ajustes quadráticos, haja vista que quando avaliados como quadráticos houve diferença significativa para os desvios, enquanto o modelo linear não houve.

Para a variável diâmetro da folha, observou-se que a testemunha apresentou o menor diâmetro na primeira avaliação, igualando-se aos demais tratamentos na segunda avaliação, retornando ao grupo de menor média na terceira avaliação, e se reagrupando ao grupo de melhor média nas avaliações subsequentes (Tabela 8).

TABELA 8. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável diâmetro médio da folha.

Tratamentos	Avaliações					
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
T1	1,3900 b	3,8825 a	4,6850 b	5,9325 ab	6,6250 ab	7,3175 ab
T2	3,2650 a	4,3275 a	5,4825 ab	6,4475 ab	6,6913 ab	6,9350 ab
T3	4,7975 a	5,1125 a	6,5750 a	7,4325 a	7,7725 a	8,1125 a
T4	3,9100 a	4,2525 a	4,4750 b	5,1775 b	5,7125 b	6,2475 b
T5	3,8600 a	4,9375 a	5,5425 ab	6,2250 ab	7,1738 ab	8,1225 a

A figura 13 mostra a avaliação do crescimento médio do diâmetro da folha. Observa-se que a velocidade média de crescimento foi significativa, com maior média sendo observadas pelo tratamento T3.

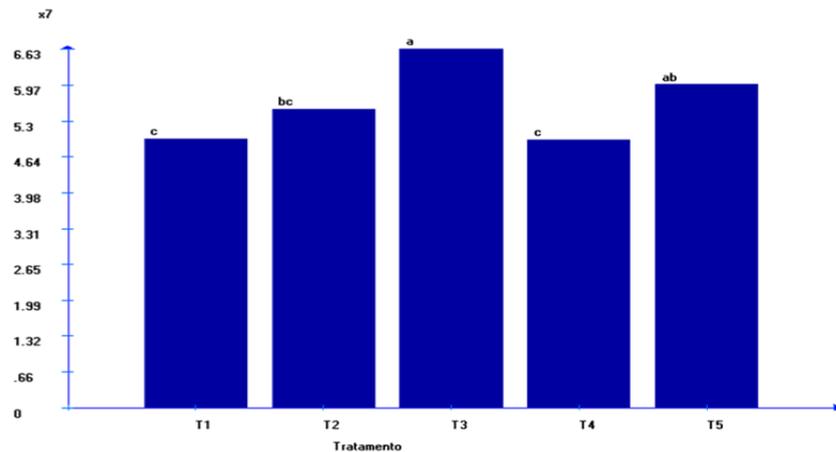


FIGURA 14. Resultado da análise conjunta para o diâmetro médio de folhas.

A figura 15 exibe incremento linear de largura média de folhas por plântula. No entanto, como indicado na decomposição da análise de variância, observou-se diferença apenas entre os tratamentos e os ambientes, assim com o crescimento diferenciado nos períodos avaliativos.

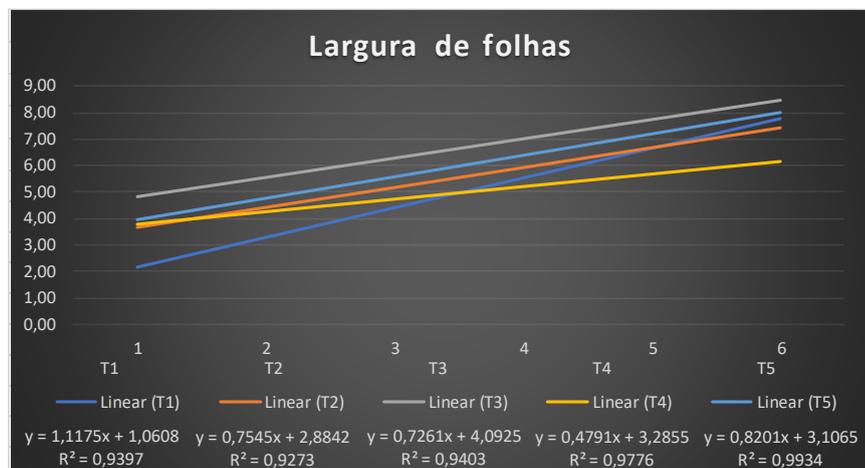


FIGURA 15. Resultado da análise de regressão para a comprimento médio de folhas.

Para massa seca da parte aérea, não foi verificado diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Já para a massa seca da raiz, houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, conforme a tabela 9.

TABELA 9. Análise de variância com teste F para massa seca de raiz

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
BLOCOS	3	0,6009	0,2003		
TRATAMENTOS	4	6,2974	1,5743	8,315	0,1879 **
RESÍDUO	12	2,2721	0,1893		
TOTAL	19	9,1704			
CV(%)		22,9685			

Observou-se na análise de variância que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para a fonte de variação massa seca da raiz, conforme a tabela 09. O coeficiente de variação foi alto, indicando que os fatores ambientais influenciam na expressão das médias obtidas (GOMES, 2015). Fato esse que justifica a escolha pelo delineamento de blocos casualizados mesmo em condições de casa de vegetação.

A tabela 10 mostra o resultado do teste comparativo de médias, teste de tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 10. Teste comparativo de média de Tukey a 5% de probabilidade para a variável diâmetro médio de colmos.

Tratamentos	Massa seca da raiz (g)	
T2	2,73436	a
T3	2,18401	ab
T1	1,96884	abc
T4	1,45829	bc
T5	1,12681	c

Evidencia-se que os tratamentos T1 (1,97g), T2 (2,73g) e T3 (2,18g) apresentaram as maiores médias para massa seca de raiz. Assim, os tratamentos T2 e T3 são estatisticamente iguais a testemunha T1, a qual também não se difere dos tratamentos T4 e T5. Desta forma, evidencia-se que os tratamentos T2 e T3 podem substituir o substrato comerciais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gasto com o substrato comercial Basaplant, na CETENE, é de Custo aproximado de R\$ 216.000,00 por ano, enquanto que com o substrato condicionador de solo classe A, usado na mistura dos substratos, ficaria 90 ton. equivale 112,5 m³ de composto ao custo aproximado de R\$ 17.000,00 por ano. O experimento trouxe dados agronômicos de desenvolvimentos agronômicos, de plântulas em momento de aclimatação que corroboram para a biofábrica no que diz respeito a ganhos econômicos na aquisição do substrato. Ainda assim precisa de novos trabalhos para avaliar a questão de sanidade a longos períodos.

Indica-se que os tratamentos T2 e T3 se apresentaram como opções factíveis para substituição do substrato comercial para reduzir os custos e manter um bom padrão de desenvolvimento agronômico inicial da cana-de-açúcar durante o período de aclimatação. Todavia, ainda se faz necessário compreender esse comportamento a nível escalonado, bem como o pegamento em condições de campo.

Diante da dificuldade de encontrar referências de outros trabalhos relacionado a substratos em micropropagação de cana-de-açúcar, por esse trabalho ser inovador na região Nordeste, não foi possível promover discussões mais efetivas em relação a resultados de outros autores. No entanto, esse trabalho corrobora com as biofábricas, que a mistura proporcional de substratos dos tratamentos T2 e T3 foram os que mais responderam estatisticamente e agronomicamente para um melhor aproveitamento desses substratos.

5 CONCLUSÃO

O uso do composto orgânico classe A nas composições dos tratamentos T2 e T3 são opções para substituir o substrato comercial, manter o bom padrão de desenvolvimento da cana-de-açúcar micropropagada e reduzir os custos de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Silva IG. Estabelecimento de uma metodologia de cultura *in vitro* visando a limpeza de infecções virais de material clonal de populações de *Allium sativum* L [master's thesis]. [local desconhecido: editor desconhecido]; 2013.
2. Canuto E de L, Salles JF, Oliveira ALM, Perin L, Reis VM, Baldani JI. Resposta de plantas micropropagadas de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas. *Agronomia*, 2003.
3. Rodrigues de Moraes E, Santivañez Aguilar A, Lucas Magalhães Machado D, Marcos Diniz Campos A, Abreu Asmar S, Magno Queiroz Luz J. Micropropagação da cana-de-açúcar. *Colloq agrar*. 1 jun 2017.
4. Qazi A, Nizamani GS, Khan MT, Yasmeen S, Baloch SK, Ali M, Khan IA, Ahmad S, Nizamani MR, Siddiqui MA. In-Vitro Management of Phytohormones for Micropropagation of Sugarcane. *Pak J Agric Res*. 2020.
5. Lal M, Tiwari AK, Gupta GN, Kavita. Commercial Scale Micropropagation of Sugarcane: Constraints and Remedies. *Sugar Tech*. 11 out 2014.
6. Donini LP, Mayer KCA, Zacarias FM, Silva NDG, Vitória JM, Silva DAS, Dutra LF. Produção de mudas de cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* l.) Micropropagadas. In: Simpósio Estadual de Agroenergia e IV Reunião Técnica de Agroenergia-RS, 2012, Porto Alegre. Simpósio Estadual de Agroenergia e IV Reunião Técnica de Agroenergia-RS, 2012.
7. Gómez-Kosky R, Jaramillo DN, Esquiro CR, Villegas AB, Calimano MB, Armas PM, Ferreiro JÁ, Pineda E, Kukurtcu B, Daniels DD. Effect of VIUSID Agro® and FitoMas-E® on the Ex Vitro Acclimatization of Sugarcane Plants (*Saccharum spp.*) Cultivar C90-469. *Sugar Tech*. 6 ago 2019.
8. Malhotra SD. Biotechnology and sugarcane. *International Sugar Journal*, 1995.
9. Erig AC, Schuch MW. Micropropagação fotoautotrófica e uso da luz natural. *Cienc Rural*. Ago 2005.
10. Silva AM, Melo NF, Souza EB, Coelho ÂK, Mariano RD. Limpeza clonal de mudas de videira infectadas por *Xanthomonas campestris* pv. *viticola*. *Rev Bras Frutic*. Mar 2013.
11. Panattoni A, D'Anna F, Cristani C, Triolo E. Grapevine vitivirus A eradication in *Vitis vinifera* explants by antiviral drugs and thermotherapy. *J Virol Methods*. Dez 2007.
12. Pandey RN, Rastogi J, Sharma ML, Singh RK. Technologies for cost reduction in sugarcane micropropagation. *African Journal of Biotechnology*, 2011.
13. Díaz Valdés T, Ruvalcaba LP, Ayala Tafoya F, López Orona CA, V Alcaraz TD. Dose of Paclobutrazol in the Growth of Sugarcane Seedlings *in Vitro* in the Acclimatization Stage. *Agric Sci*. 2017.

- 14.** Costa LTBL. Análise do potencial do chorume de compostagem como subproduto comercializável [trabalho de conclusão de curso] Niterói: Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia; 2022.
- 15.** Costa AF. Manejo de Irrigação na Produção de Mudanças Pré-Brotadas de Cana-de-Açúcar com Diferentes Substratos e Uso de Polímero Hidrorretentor em Ambiente Protegido [trabalho de conclusão de curso]. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas; 2022.
- 16.** Gazola T, Cipola Filho ML, Franco Júnior NC. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. Científica. 6 jul 2017.
- 17.** Jesus LC, Luz SM, Leão RM, Zattera AJ, Amico SC. Comportamento térmico de compósitos de poliestireno reciclado reforçado com celulose de bagaço de cana. Mater (Rio Janeiro), 2019.
- 18.** Ortolan MA, Segato SV. Massa seca de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar em tubete em função da dose do adubo foliar. Revista Nucleus, Ituverava-SP, 2014.
- 19.** Barreto MD. Bioprospecção da interação plantas/bactérias diazotróficas associadas a duas variedades de cana-de-açúcar em mudas micropropagadas. [local desconhecido]: Universidade Federal de Pernambuco; 2017.
- 20.** Vieira CR, Weber OL. Influência do Substrato na Produção de Mudanças de Espécies Medicinais. Nativa. 25 jun 2015.