UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

RAFAEL DANEZI DE PAULA
Graduando em Engenharia Agronômica

DESENVOLVIMENTO INICIAL E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UM BIOATIVADOR NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.

Dracena
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

RAFAEL DANEZI DE PAULA
Graduando em Engenharia Agronômica

DESENVOLVIMENTO INICIAL E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UM BIOATIVADOR NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo

Dracena
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Desenvolvimento inicial e eficiência agronômica de um bioativador na cultura da cana-de-açúcar.

Modalidade: **Atividades de pesquisa.**

Autor: Rafael Danezi de Paula

Orientador (a): Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 20/07/2022

Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo	Sergio Bispo Ramos	Anderson Chagas Magalhães

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rafael Danezi de Paula, nascido em 23 de Junho de 1999, na cidade de Junqueirópolis/SP, ingressou no curso Engenharia Agronômica pela FCAT - Faculdade de Ciências Agrarias e Tecnológicas da UNESP, campus de Dracena - SP em 2017, Atualmente é membro do grupo de estudos GECANA (Grupo de Extensão em Cana-de-Açúcar) onde foi bolsista e conduziu experimentos de caráter científico direcionados a cultura da cana-de-açúcar, também atuou como professor de história no cursinho alvo da Unesp.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Carlos Antônio de Paula e Lurdes Danezi de Paula que sempre me apoiaram e me ajudaram, e as minhas avós que foram a base de tudo, Maria Ribas Danezi e Maria Felipe de Paula que já não se encontra mais neste plano, mais continua me apoiando de onde estiver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, meu pai Carlos Antônio de Paula e a minha mãe Lurdes Danezi de Paula, que sempre me apoiaram e sem eles não seria possível. Também aos meus avós, que me incentivaram, meu avô Jorge de Paula e minhas avós Maria Felipe de Paula e Maria Ribas Danezi.

Agradeço também aos meus amigos de Junqueirópolis que estão comigo desde o começo, e aos amigos que a faculdade me proporcionou que me ajudaram muito durante toda a faculdade.

Agradeço também a minha república onde convivi por anos, onde crie laços familiares.

Por fim agradeço aos professores Dr. Paulo Figueiredo, Dr. Sergio Bispo e Dr. Ronaldo Viana com o grupo de estudos Gecana, no qual me proporcionou grandes oportunidades acadêmicas e de conhecimento, aonde hoje eu tenho mais que três professores, tenho três amigos.

" O sucesso não é definitivo, o fracasso não é inevitável, o que conta é a vontade de continuar "

(Winston Churchill)

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma espécie pertencente à Família Poaceae, extremamente importante para o cultivo comercial voltado para a indústria sucroalcooleira em diferentes partes do mundo. A adequada nutrição, desde o plantio dos toletes, está intimamente relacionada com o aumento da produtividade da cultura, por afetar positivamente as alterações morfofisiológicas que ocorrem no interior das plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação do Bioativador no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. O experimento foi instalado e conduzido entre os meses de junho e outubro de 2020 nas dependências da FCAT – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp, localizada em Dracena, Estado de São Paulo. Em vasos de 45 dm^3, foram plantados três minitoletes com uma gema de cana-de-açúcar cada. Nas gemas, antes de sua cobertura com terra, o produto foi aplicado de acordo com os tratamentos. Após a emergência das plantas, foi realizado um desbaste, sendo deixada apenas uma muda por vaso. O delineamento utilizado foi em blocos Casualizados (DBC), segundo um esquema fatorial 5x2, contendo cinco doses do Bioativador (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha^{-1}) e duas épocas de avaliação (aos 70 dias após o plantio; e aos 120 dias após o plantio) em quatro repetições. Foram avaliadas características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, além de parâmetros morfológicos ultraestruturais das folhas. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p<0,05$), assim como, teste de Tukey (5%) e analises de regressão e correlações. A cana-de-açúcar, quando cultivada em suas fases inicias de crescimento e desenvolvimento, na presença do Bioativador apresentou resultados favoráveis para as principais características relacionadas à produção de matéria seca e aspectos morfofisiológicos vegetais. Dessa forma, o produto pode ser utilizado como uma ferramenta para a melhoria dos parâmetros quantitativos e qualitativos das plantas de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Nutrição. Bioestimulante. Condicionador de solo.

ABSTRACT

Sugarcane (Saccharum spp.) is a species belonging to the Poaceae Family, extremely important for commercial cultivation for the sugar and ethanol industry in different parts of the world. Adequate nutrition, from seedlings planting, is closely related to the increase in crop productivity, as it positively affects the morphophysiological changes that occur inside the plants. The present work had as objective to evaluate the influence of the application of the Bioactivator in the initial development of the sugarcane.The experiment was installed and conducted between June and October 2020 on the premises of the FCAT - Faculty of Agricultural and Technological Sciences of Unesp, located in Dracena, State of São Paulo. In pots of 45 dm3, three mini-pots with one sugarcane bud each were planted. On the buds, before covering them with earth, the product was applied according to the treatments. After the emergence of the plants, a thinning was performed, leaving only one seedling per pot.The design used was in randomized blocks (DBC), according to a 5x2 factorial scheme, containing five doses of Bioactivator (0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 L ha^{-1}) and two evaluation times. (at 70 days after planting; and at 120 days after planting) in four replications. Characteristics related to the growth and development of sugarcane were evaluated, as well as ultrastructural morphological parameters of the leaves. The results were submitted to analysis of variance using the F test ($p<0.05$), as well as Tukey's test (5%) and regression and correlation analyses.Sugarcane, when cultivated in its initial phases of growth and development, in the presence of the Bioactivator, presented favorable results for the main characteristics related to the production of dry matter and plant morphophysiological aspects. In this way, the product can be used as a tool to improve the quantitative and qualitative parameters of sugarcane plants.

Keywords: Nutrition. Biostimulant. Soil conditioner.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....22
Figura 2- Altura de todas as plantas, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....23
Figura 3- Diâmetro médio dos colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....24
Figura 4- Maior diâmetro de colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....25
Figura 5- Número total de folhas, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....26
Figura 6 - Maior largura de folha, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.....27
Figura 7 - Carbono interno aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....29
Figura 8- Taxa de transpiração foliar aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....30
Figura 9 - Taxa de fotossíntese aos 70 dias e resultados não significativos da variável aos 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar..... 31
Figura 10 - Eficiência do uso da água aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....31
Figura 11 - Peso da matéria seca das raízes aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....33
Figura 12 - Peso da matéria seca dos colmos aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....33
Figura 13 - Peso da matéria seca das folhas aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....34
Figura 14 - Peso da matéria seca das folhas aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....34
Figura 15 - Peso da matéria seca total das plantas aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....35
Figura 16 - Índice de área foliar aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.....35

Figura 17 - Eficiência agronômica do Bioativador para crescimento radicular aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar 37
Figura 18 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção de colmos aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar 37
Figura 19 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção de folhas aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar 38
Figura 20 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção da parte aérea das plantas (colmo + folhas) aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar 38
Figura 21 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção total das plantas (raízes + colmo + folhas) aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar 39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos, identificando as doses do Bioativador, expresso em L ha-1; e as épocas de avaliação 19

Quadro2-Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar 19

Quadro3-Número de colmos, altura de todas as plantas, diâmetro médio dos colmos, maior diâmetro de colmo, número total de folhas e maior largura de folhas, envolvendo doses do Bioativador e épocas de avaliação na cultura da cana-de-açúcar. 22

Quadro4-Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável altura de todas as plantas, na cultura da cana-de-açúcar 24

Quadro 5 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável diâmetro médio dos colmos, na cultura da cana-de-açúcar 24

Quadro 6 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável maior diâmetro de colmos, na cultura da cana-de-açúcar 25

Quadro 7 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável número total de folhas, na cultura da cana-de-açúcar 26

Quadro 8-Índice de clorofila e variáveis fisiológicas, 70 dias após a aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar 28

Quadro 9-Pesos de matérias secas e IAF - índice de área foliar, envolvendo a aplicação do Bioativador, aos 70 e 120 após o plantio da cultura da cana-de-açúcar 32

Quadro 10 -Eficiências agronômicas do Bioativador para crescimento radicular e produção de colmos, de folhas da parte aérea e total, aos 70 e 120 dias após o plantio da cultura da cana-de-açúcar 36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 Cana-de-açúcar 16
2.2Bioativadores 16
3MATERIAL E MÉTODOS 22
3.1 Localização e histórico..... 16
3.2Delineamento experimental e tratamentos 16
3.3Caracterização do solo 16
3.4Avaliações 20
3.5Análises estatísticas 21
4RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 40
4.1 Avaliações não destrutivas 22
4.2Avaliações destrutivas 32
4.3Eficiências agronômicas 36
5 CONCLUSÃO..... 40
6 REFERÊNCIAS..... 40

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma espécie pertencente à Família Poaceae, com cultivo comercial voltado para a indústria sucroenergética em vários países do mundo. Particularmente no Brasil,a história da cultura marca mais de quatro séculos de cultivo, impactando nos aspectos socioeconômicos do páis.

É uma das culturas de maior impacto no cenário agrícola do Brasil, onde cerca de 10 milhões de hectares são ocupados pela cultura. O Brasil se destaca como maior produtor e exportador de cana-de-açúcar do mundo, sendo o Estado de São Paulo, com a maior área cultivada pela cultura, além de ser uma das regiões com mais expansão no setor.

Para se desenvolver, uma planta necessita de luz, dióxido de carbono, água e minerais que, em quantidades suficientes, irão promover um aumento de massa e volume. Aliado ao crescimento está a diferenciação, que é o desenvolvimento e aquisição de formas particulares a partir da interação de inúmeros fatores internos e externos ao vegetal.

Se tratando do sistema radicular, plantas com o mesmo sistema mais desenvolvido, conseguem absorver mais água e nutrientes com mais facilidade, mesmo em condições de déficit hídrico, o que promove uma maior tolerância da cultura à seca.

A observação da anatomia vegetal é uma importante ferramenta para avaliar os efeitos gerados em determinadas condições de cultivo dos vegetais. De acordo com as condições ambientais, ocorre modificações na anatomia e fisiologia dos órgãos das plantas. Se tratando do incremento na produtividade de cana-de-açúcar, é devido a seleção genética, promovendo assim aumento consideráveis na produção agroindustrial.

Com a tecnificação do setor sucroenergético, frequentemente surgem ferramentas que prometem promover um melhor desenvolvimento da cultura, resultando diretamente em um aumento de massa, volume, impactando diretamente na produtividade da cultura. Uma dessas ferramentas são os bioativadores, que são produtos que prometem promover um estímulo maior no sistema das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de um Bioativador no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar e a eficiência agronômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta de grande porte e formadora de rizomas. Na produção de sacarose da cana-de-açúcar, um dos fatores mais importantes é o número de colmos por unidade de área na hora da colheita. Para o número máximo de colmos por área, se torna necessário a indução dos perfilhos, que se tornarão touceiras. Os colmos são originados na base da planta ou da região axilar da folha basal, estrutura característica das gramíneas (RODRIGUES, 1995).

O Brasil se destaca como maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Na safra 2020/2021 a área cultivada foi de aproximadamente 10 milhões de hectares, com produção estimada superior a 654 milhões de toneladas e produtividade de 76 mil kg ha^{-1} (CONAB, 2021).

Na mesma safra o Brasil pôde atingir cerca de 41 milhões de toneladas de produção de açúcar, sendo a região Sudeste apresentando o maior potencial produtor. Em relação ao etanol, a estimativa de produção ficou perto de 2,1 bilhões de litros (CONAB, 2021).

A cana-de-açúcar se desenvolve em touceiras, com parte aérea formada por colmos originados do desenvolvimento de perfilhos provenientes do processo de brotação de gemas. Os colmos dividem-se em primários, secundários e terciários (BEAUCLAIR; SCARPARI, 2006).

Os mesmos são formados por nós e entrenós. Em cada nó existe uma gema, e cada gema é fisicamente protegida pelas bainhas das folhas (CASTRO, 2000). A parte subterrânea da touceira é formada pelo sistema radicular, dividido em raízes: superficiais, ramificadas e absorventes; e as de fixação, que atingem maiores profundidades (CASTRO, 2000).

A intensidade do perfilhamento é diferente entre as diferentes variedades de cana-de-açúcar, podendo ocorrer até quatro meses após o plantio. Durante afase vegetativa da cultura, existe um decréscimo natural no número de brotações, devido à competição natural por luz, água e nutrientes.

Nas Poaceas a ramificação subsuperficial é limitada, ocorrendo a formação de inúmeras hastes eretas, caracterizando o conjunto como plantas individuais (CASTRO, 2009).

Os atributos de produção determinantes para a formação do potencial agrícola são: altura de colmo, número de colmos e diâmetro de colmos. Diversos estudos são realizados com o intuito de avaliar os efeitos de diversos tratamentos nessas variáveis, como a aplicação de fertilizantes específicos e reguladores de crescimento, objetivando maiores perfilhamento e produção final de colmos da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2007).

2.2Bioativadores

Uma tecnologia consideravelmente nova comercialmente no meio agrícola, são os produtos que mantém a biota do solo e promovem a diminuição de fertilizantes. Isso é possível graças aos chamados Bioativadores de solo, que estimulam a multiplicação de microrganismos benéficos naturais do solo, promovendo um melhor desenvolvimento do sistema radicular, impactando diretamente em uma maior absorção de água e nutrientes, tornando as plantas mais vigorosa. Além disso, diminui os custos do planejamento da lavoura, promove menor impacto ambiental e aumenta a fertilidade dos solos (FERNANDES et al., 2010).

Bioativar o sistema solo planta, significainfluenciar positivamente a vida microbiana e vegetal presente no solo. Através da Bioativação do solo torna-se possível utilizar recursos naturais do próprio solo para uma melhora das características do mesmo. Com isso, trabalha-se ostrês pilares da fertilidade, que são: física, química e biológica. (PEREIRA, 2020)

Apesar dos fatores limitantes das produções agrícolas, como o clima, pragas e doenças, com a modernização da agricultura, diversos avanços vem tendo sucesso, equilibrando assim, os danos causados pelos fatores adversos. A fisiologia vegetal é um dos campos da ciência agronômica que vem apresentando avanços em relação a isso, com técnicas modernas, manipulação genética e biotecnologia.

A utilização dos bioativadores na agricultura, pelas suas características e potencial produtivo, é uma prática de uso crescente em países altamente

tecnificados como os Estados Unidos. Os bioativadores proporcionam um melhor equilíbrio fisiológico, fazendo com que as culturas explorem seu máxmo potencial genético. Essas substâncias podem alterar diversos processos fisiológicos e metabólicos quando aplicadas às plantas. No Brasil, o uso de bioativadores também já vem sendo explorado e várias pesquisas têm mostrado aumento quantitativo e qualitativo na produtividade (SERCILOTO, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e histórico

O experimento foi instalado e conduzido na UNESP – FCAT – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp de Dracena, Estado de São Paulo. O clima da região se caracteriza como Cwa segundo Köppen, mesotérmico, com verões chuvosos e temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22ºC. A temperatura média da região é de 24ºC, apresentando máxima de 31ºC e mínima de 19ºC.

O experimento foi conduzido em Casa de Vegetação, em vasos de 45 dm^3, contendo solo proveniente e retirado de horizontes mais profundos. A adubação e correção do solo foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas previstas para a cultura da cana-de-açúcar nas condições de plantio em vasos.

Foi escolhido um canavial em estágio de cana planta com aproximadamente 9 meses de idade e destinado para produção de mudas. Foram plantados três minitoletes de cana-de-açúcar, variedade RB 966928, contendo uma gema cada, oriundas da região mediana do caule de cana-de-açúcar. Foi realizado um desbaste aos 15 dias após o plantio, sendo mantida apenas uma gema por vaso.

Os vasos foram irrigados sempre que necessário, de modo a manter o fornecimento de água dentro dos padrões aceitáveis para a cultura da cana-de-açúcar, sempre respeitando a capacidade de campo.

A forma de aplicação do produto, no momento do plantio, seguiu as recomendações técnicas do fabricante.

Entre os vasos, ou parcelas, respeitou-se uma distância compatível, de modo a facilitar os trabalhos pertinentes à instalação, condução, tratos culturais, avaliações e coletas de dados do experimento

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Em condições de plantio em vasos, o experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) em esquema fatorial 5x2, contendo 5 (cinco) doses do Bioativador (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha^{-1}) e 2 (duas) épocas de colheita (aos 70 e 120 dias após o plantio), conforme disposto no Quadro 1. Foram utilizadas quatro repetições, totalizando40 parcelas, ou vasos.

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos, identificando as doses do Bioativador, expresso em L ha^{-1}; e as épocas de avaliação.

Trat.	Bioativador	Trat.	Bioativador
1	0,0 aos 70 dias	**6**	0,0 aos 120 dias
2	0,5 aos 70 dias	**7**	0,5 aos 120 dias
3	1,0 aos 70 dias	**8**	1,0 aos 120 dias
4	1,5 aos 70 dias	**9**	1,5 aos 120 dias
5	2,0 aos 70 dias	**10**	2,0 aos 120 dias

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Caracterização do solo

O experimento foi instalado com solo classificado como Franco Arenoso (EMBRAPA, 2006). Na ocasião foram avaliados os atributos físicos, como areia, silte e argila, segundo metodologia preconizada por EMBRAPA (1997). Também foramdeterminados os principais atributos químicos do solo, como pH, M.O., P, S, K, Ca, Mg, Al, H+Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com Raij e Cantarella (1996), conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.

pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al
$CaCl_2$	g dm^{-3}	..... mg dm^{-3}		..... $cmol_c$ dm^{-3}				
4,7	13,0	4,2	5,0	4,20	3,0	0,8	3,0	21,0
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia	
..... mg dm^{-3}					..... g kg^{-1}			
0,2	0,8	21	9,8	0,8	170	200	630	

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Avaliações

Na primeira etapa, ou seja, aos 45, 60 e 70 dias após o plantio, foram avaliadas as seguintes características não destrutivas: Número de Colmos, Altura de Todas as Plantas, Diâmetro Médio dos Colmos, Maior Diâmetro de Colmos, Número Total de Folhas e Maior Largura de Folha. Da mesma forma, os mesmos parâmetros foram avaliados na segunda etapa do experimento aos 90, 105 e 120 dias após o plantio.

Para número de folhas, foi contabilizado apenas as folhas do colmo principal, ondeforam consideradas as folhas contidas a partir e abaixo da folha +1, inclusive aquelas encontradas aderidas à base do colmo, sendo consideradas as folhas parcialmente destruídas ou que se apresentaram secas, sendo a folha +1 ou que estiveram abaixo da mesma. A junta de lâmina é o ponto onde se encontram duas áreas em forma de calço chamadas de barbelas. As folhas são numeradas pelo sistema de Kuijper, como foi citado por Casagrande (1991). A primeira folha de cima para baixo do talo com barbelas vistas, lígula e aurícula totalmente visíveis. A folha +1 é, portanto, considerada totalmente aberta. Dessa forma, as folhas abaixo da folha +1 recebem, sucessivamente, os números +2, +3 e assim sucessivamente.

A altura de planta foi estimadapelo comprimento obtido desde o nível do solo até a ponta da folha considerada mais alta e mais comprida, estando a mesma devidamente esticada ao seu máximo no plano vertical. Essa avaliação foi realizada por meio do uso de uma trena, mensurando apenas o colmo principal.

Já para número de colmos, foram realizadas as contagens do número de colmos emergidos nas parcelas experimentais, mesmo quando encontrados em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento. Foram considerados colmos aqueles que romperam a camada superficial do solo, independentemente do tamanho do mesmo.

Para diâmetro de colmo,as medições foram realizadas por meio do uso de um paquímetro rente ao nível do solo, mensurando apenas o colmo principal. As medidas relativas ao diâmetro de colmo foram coletadas a partir do

posicionamento da abertura do paquímetro rente ao solo e considerando sempre a base mais larga do entrenó.

Aos 70 (setenta) e 120 (cento e vinte) dias após o plantio, respectivamente 1ª e 2ª colheitas do material, foram avaliadas as características relacionadas aos aspectos fisiológicos da cana-de-açúcar, como Índice de Clorofila, Temperatura foliar, Carbono Interno, Transpiração, Condutância Estomática e Taxa de Fotossíntese e Eficiência do Uso da Água.

Por ocasião da 1ª e 2ª coletas do material, ou seja, aos 70 e 120 dias após o plantio, foi realizada a avaliação da Eficiência Agronômica do Bioativador.

Por ocasião da 1ª e 2ª coletas do material, ou seja, aos 70 e 120 dias após o plantio, foram avaliadas as característicasdestrutivas: Peso de Matéria Seca das Raízes, Peso de Matéria Seca dos Colmos, Peso de Matéria Seca das Folhas, Peso de Matéria Seca da Parte Aérea, Peso de Matéria Seca Total da Planta e Índice de Área Foliar.

Para essas características, toda a planta, contendo a parte aérea com folhas e caules; e também a parte subterrânea, contendo os rizomas e as raízes, foi lavada completamente, eliminando resíduos de terra ou material estranho, possivelmente contido no mesmo. Após a lavagem do material, o mesmo foi depositado nos próprios vasos onde se encontravam as plantas, para escorrimento do excesso de água e secagem inicial. Em seguida, o material relativo aos caules, folhas e raiz foi separado e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados. O material foi encaminhado para uma estufa com ventilação forçada, para desidratação do mesmo. O material permaneceu na estufa a 65ºC por 72 horas, atingindo um peso constante. Em seguida, o material foi pesado.

3.5 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p<0,05$). Quando encontradas diferenças significativas, foram aplicados o Teste de Tukey (5%), assim como análises de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis não destrutivas

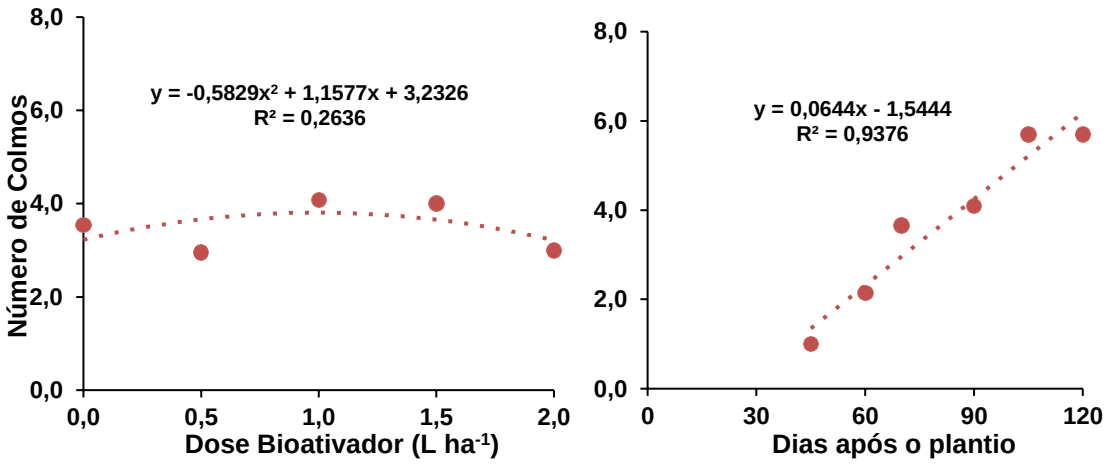
Quadro 3 - Número de colmos,altura de todas as plantas, diâmetro médio dos colmos, maior diâmetro de colmo, número total de folhas e maior largura de folhas, envolvendo doses do Bioativador e épocas de avaliação na cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Variáveis não destrutivas					
	Núm. Colmos	Alt. Plantas	Diâm. Médio	Maior diâm.	Núm. Folhas	Maior larg. Folha
	Nº	cm	mm	mm	Nº	mm
Bioativador (L ha^{-1}) (A)						
0,0	3,54 ab	235,54 c	6,67 c	10,96 b	19,63 b	15,88 c
0,5	2,96 a	274,92 b	7,61 ab	12,46 a	23,67 a	17,17 b
1,0	4,08 a	297,63 a	7,18 b	11,88 a	23,71 a	18,46 a
1,5	4,00 a	312,58 a	7,85 a	12,19 a	24,88 a	17,00 bc
2,0	3,00 b	230,17 c	7,56 ab	11,71 ab	20,54 b	16,71 bc
Teste F (A)	**5,43****	**57,89****	**13,17****	**8,87****	**17,80****	**8,71****
Tempo (Dias) (B)						
45	1,00 d	61,05 f	4,73 d	5,10 f	5,50 e	7,41 e
60	2,15 c	93,05 e	5,87 c	7,58 e	10,75 d	11,40 d
70	3,65 b	169,05 d	6,33 c	9,65 d	18,10 c	14,10 c
90	4,10 b	262,75 c	7,68 b	12,75 c	24,55 b	18,15 b
105	5,70 a	501,90 b	9,59 a	17,40 b	36,90 a	25,10 a
120	5,70 a	533,20 a	10,06 a	18,55 a	39,10 a	26,10 a
Teste F (B)	**79,11****	**1495,53****	**234,71****	**660,73****	**538,73****	**470,02****
Interação Teste F						
A x B	**1,34^{NS}**	**11,80****	**2,42****	**2,50****	**3,83****	**1,01^{NS}**
C.V.	**25,56%**	**8,74%**	**8,41%**	**7,92%**	**11,71%**	**9,08%**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como observado no quadro 3, todas as variáveis apresentaram diferença significativa entre os tratamentos nos fatores isolados. Em relação à interação dos fatores, número de colmos e maior largura de folha, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

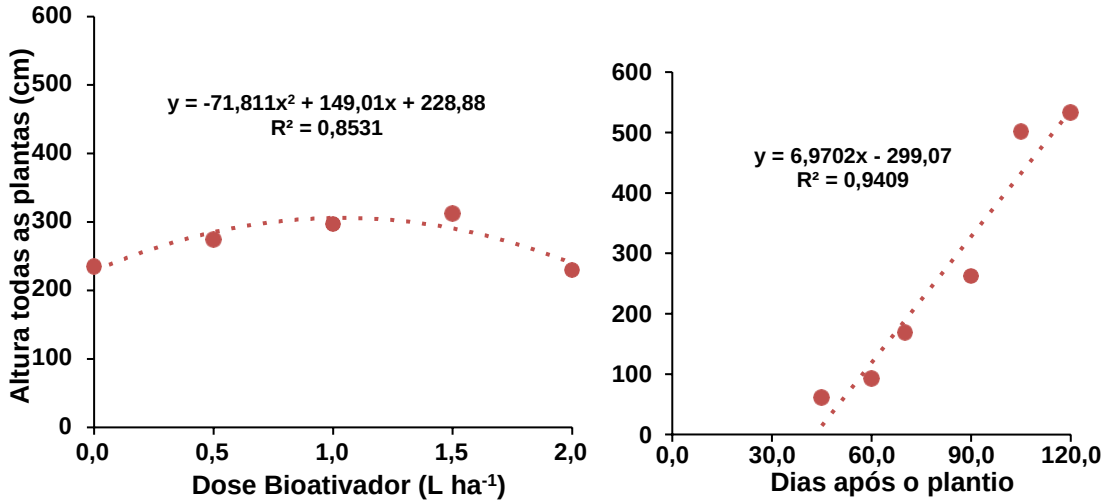
Figura 1 - Número de colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 1, observa-se que o número de colmos é maior com doses intermediárias do Bioativador, e que cresce de forma linear de acordo com o passar dos dias para avaliação.

Figura2 - Altura de todas as plantas, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 2, as doses intermediárias do Bioativador apresentaram uma maior altura de plantas, e que a altura cresce de forma linear com o passar dos dias para a avaliação.

Quadro 4 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável altura de todas as plantas, na cultura da cana-de-açúcar.

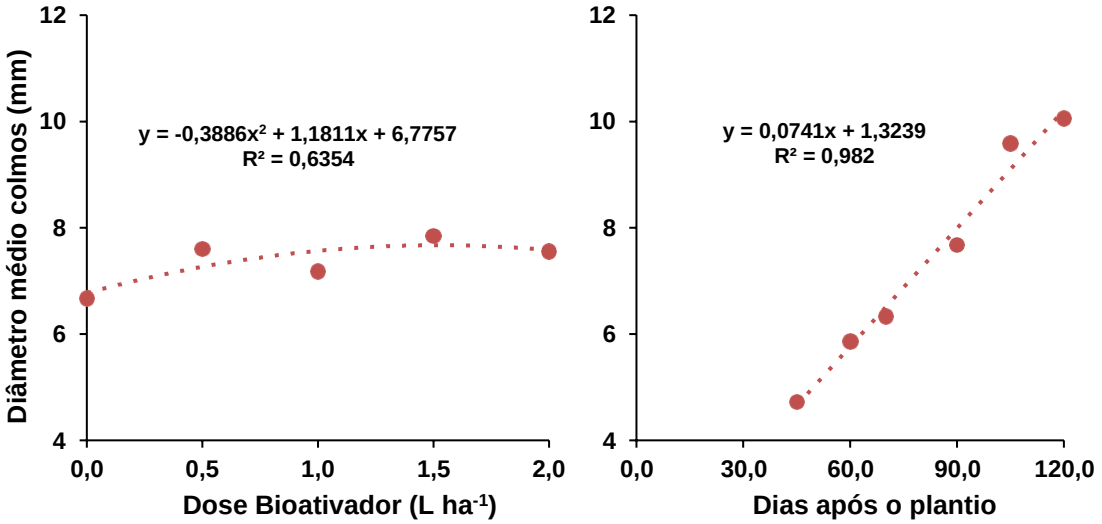
Causa da variação	Altura de todas as plantas					
	45 dias	60 dias	70 dias	90 dias	105 dias	120 dias
	.....	.....	cm	.....	.....	.....
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	56,75 a	83,25 a	146,00 a	206,00 c	451,75 c	469,50 c
0,5	63,50 a	93,25 a	171,75 a	260,50 b	527,25 b	533,25 bc
1,0	61,75 a	105,50 a	179,00 a	264,25 b	568,00 ab	607,25 a
1,5	62,50 a	92,00 a	179,50 a	347,25 a	587,75 a	606,50 a
2,0	60,75 a	91,25 a	169,00 a	235,75 bc	374,75 d	449,50 c
Teste F	**0,05^{NS}**	**0,46^{NS}**	**1,34^{NS}**	**19,92****	**55,77****	**39,35****

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para altura de plantas, a interação das doses do bioativador com as épocas de avaliações, apresentou diferença significativa aos 90,105 e 120 dias.

Na cana-de-açúcar, a altura de todos as plantas representa uma medida do potencial de crescimento e desenvolvimento das plantas durante suas fases iniciais, o que pode refletir positivamente nas fases fenológicas posteriores em função do acúmulo de biomassa.

Figura3 - Diâmetro médio dos colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

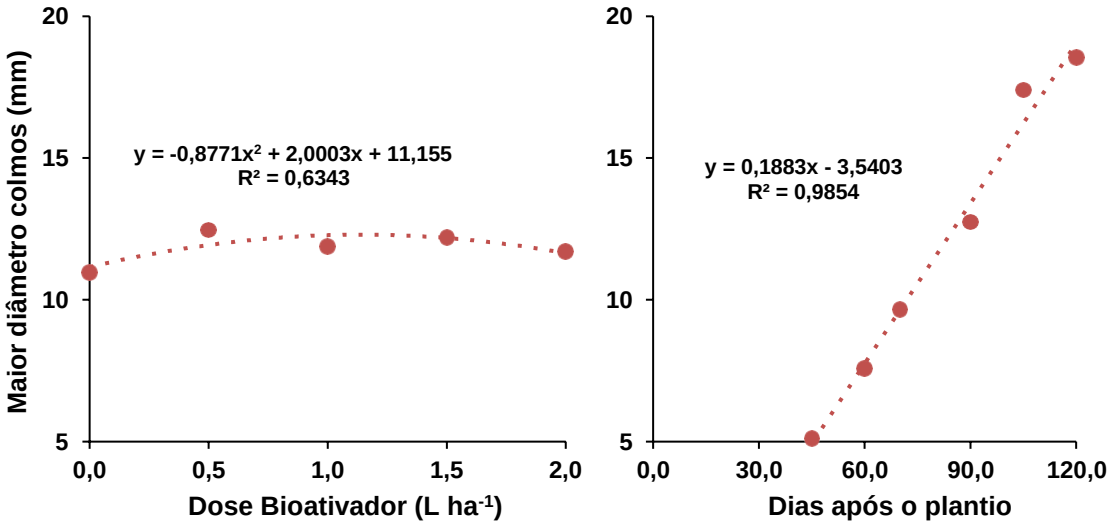
Quadro 5 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável diâmetro médio dos colmos, na cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Diâmetro médio dos colmos					
	45 dias	60 dias	70 dias	90 dias	105 dias	120 dias
	..... mm					
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	4,75 a	5,38 b	5,31 c	6,50 c	8,60 b	9,50 a
0,5	4,63 a	5,88 ab	6,30 bc	8,53 a	10,08 a	10,25 a
1,0	5,00 a	5,58 b	5,86 bc	7,18 bc	9,50 ab	9,95 a
1,5	4,75 a	7,00 a	7,63 a	8,05 ab	9,68 ab	9,98 a
2,0	4,50 a	5,50 b	6,56 ab	8,13 ab	10,08 a	10,63 a
Teste F	**0,36^{NS}**	**4,53****	**7,78****	**7,01****	**3,81****	**1,79^{NS}**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para diâmetro médio dos colmos, a interação das doses do bioativador com as épocas de avaliações, apresentou diferença significativa aos 60, 70, 90 e 105 dias.

Figura4 - Maior diâmetro de colmos, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

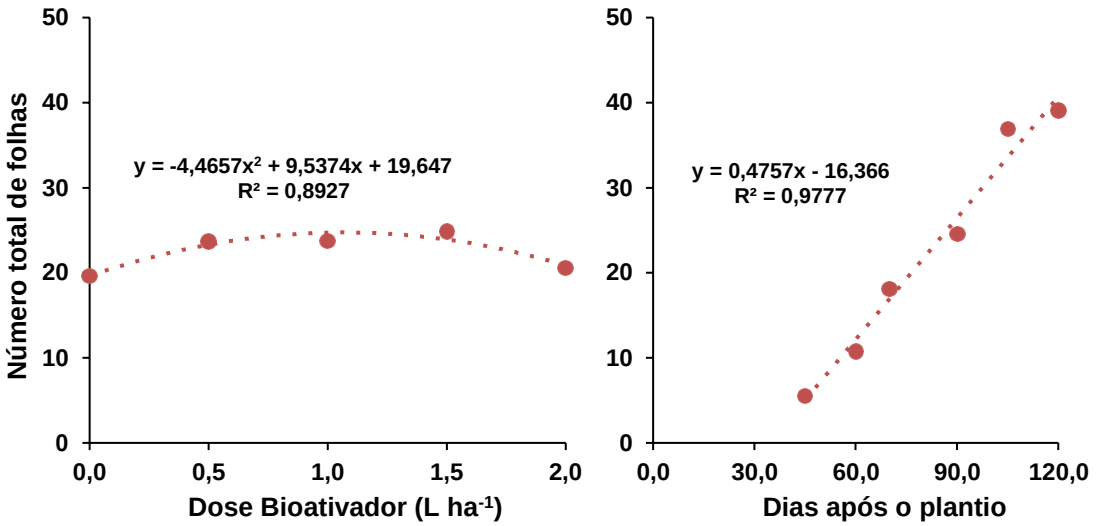
Quadro 6 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável maior diâmetro de colmos, na cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Maior diâmetro de colmos					
	45 dias	60 dias	70 dias	90 dias	105 dias	120 dias
	.....		mm	.....		
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	5,75 a	7,00 a	8,75 a	12,00 bc	15,75 c	16,50 b
0,5	4,75 a	7,50 a	10,00 a	14,00 ab	18,75 a	19,75 a
1,0	5,50 a	8,50 a	9,75 a	12,25 ab	16,75 bc	18,50 a
1,5	5,00 a	7,38 a	10,50 a	12,75 ab	18,50 ab	19,00 a
2,0	4,50 a	7,50 a	9,25 a	12,75 ab	17,25 abc	19,00 a
Teste F	**1,22^{NS}**	**1,41^{NS}**	**2,08^{NS}**	**2,70***	**7,05****	**6,88****

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para maior diâmetro de colmos, a interação das doses do bioativador com as épocas de avaliações, apresentou diferença significativa aos 90, 105 e 120 dias.

Figura5 - Número total de folhas, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

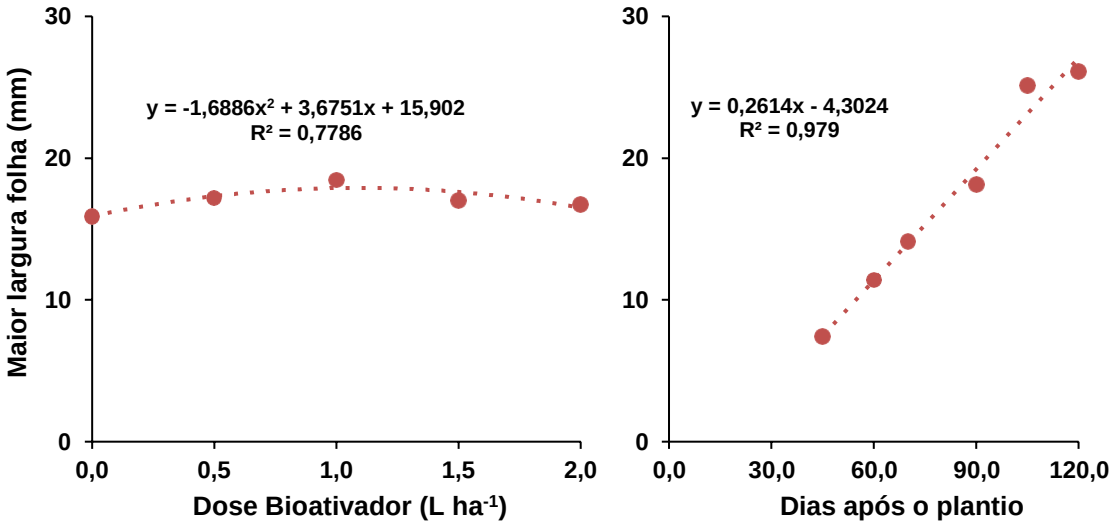
Quadro 7 -Interação das doses do Bioativador e épocas de avaliação para a variável número total de folhas, na cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Número total de folhas					
	45 dias	60 dias	70 dias	90 dias	105 dias	120 dias
			Nº			
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	5,75 a	9,50 a	15,00 a	18,75 c	34,00 bc	34,75 b
0,5	5,50 a	9,50 a	17,75 a	26,25 ab	40,75 a	42,25 a
1,0	5,75 a	11,75 a	18,75 a	24,00 b	39,75 a	42,25 a
1,5	5,50 a	11,50 a	19,50 a	30,50 ab	39,75 a	42,50 a
2,0	5,00 a	11,50 a	19,50 a	23,25 bc	30,25 b	33,75 b
Teste F	**0,05^{NS}**	**0,76^{NS}**	**2,03^{NS}**	**10,67****	**12,08****	**11,39****

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para número total de folhas, a interação das doses do bioativador com as épocas de avaliações, apresentou diferença significativa aos 90, 105 e 120 dias.

Figura6 - Maior largura de folha, em função de doses do Bioativador e épocas de avaliação, avaliados separadamente, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados apresentados, principalmente a partir dos 100 dias após o plantio, para as características número de colmos, maior diâmetro de colmos e número de folhas, os melhores resultados foram alcançados quando foram utilizadas as doses compreendidas no intervalo entre 0,5 e 1,5 Lha^{-1}.

Para a característica altura de todas as plantas os resultados foram semelhantes. As doses de 1,0 e 1,5 Lha^{-1}proporcionaram os melhores resultados. Para a característica diâmetro médio dos colmos, a dosagem de 1,5 Lha^{-1}

proporcionou o melhor resultado. Para a característica maior largura da folha, a dosagem de 1,0 Lha^{-1}proporcionou o melhor resultado.

Dessa forma, a presença do Bioativador em doses gravitando entre 0,5 e 1,5 Lha^{-1} proporcionou os melhores resultados para os parâmetros associados ao crescimento e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

Landell e Silva (1995) observaram que para parâmetros biométricos pouca variação é apresentada, pois tais valores dependem das características do genótipo da cultura, do número de perfilhos, do espaçamento entre linhas, da área foliar e das condições ambientais.

Para Pereira (2020) o parâmetro altura das plantas, em seu estudo com a cultura da batata, houve um acréscimo nos tratamentos com uso de bioativador, issopode ser devido a liberação de cargas elétricas para as atividades metabólicas, fazendo com que haja maior desenvolvimento de planta.

Ainda, Pereira (2020) apresentou em seus resultados que a aplicação de bioativador, mesmo não diferindo estatisticamente dos outros tratamentos, apresentou resultados positivos no estudo. Os resultados de diâmetro de tubérculo, com a aplicação de bioativador, não diferiu estatisticamente dos outros tratamentos, porémapresentou resultados significativos no pesomédio de tubérculos de batata por planta.

Quadro 8 - Índice de clorofila e variáveis fisiológicas, 70 dias após a aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.

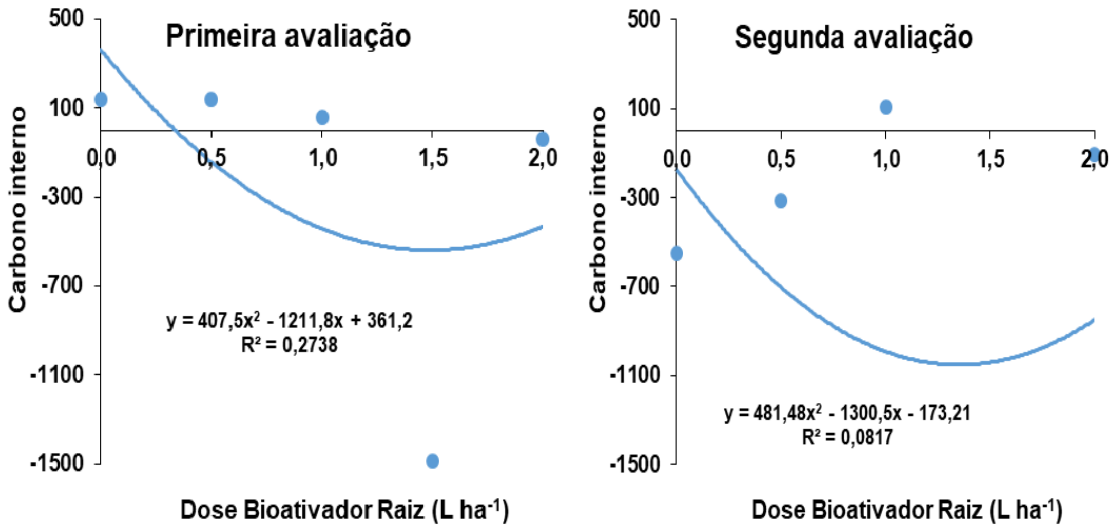
Causa da variação	Índice de clorofila e variáveis fisiológicas						
	Primeira avaliação - 70 dias após o plantio						
	SPAD	Tº foliar	Ci	Transp.	Ce	Fotoss.	Ef. Uso água
Bioativador (L ha^{-1})							
0,0	34,74 a	45,53 a	137,00 a	-0,77 c	0,013 a	0,69 c	-6,45 c
0,5	40,52 a	45,53 a	139,25 a	2,04 a	0,020 a	3,15 bc	1,65 bc
1,0	35,23 a	46,08 a	56,00 a	2,98 a	0,028 a	9,21 a	3,15 abc
1,5	39,98 a	45,60 a	-1487,00 b	0,31 b	0,013 a	4,43 bc	14,6 ab
2,0	37,20 a	46,00 a	-41,75 a	0,45 b	0,025 a	7,16 a	16,55 a
Teste F	**2,21^{NS}**	**0,68^{NS}**	**136,81****	**47,67****	**0,60^{NS}**	**33,40****	**8,91****
C.V.	**9,50%**	**1,43%**	**-50,12%**	**43,27%**	**92,09%**	**23,49%**	**108,79%**
	Segunda avaliação - 120 dias após o plantio						
	SPAD	Tº foliar	Ci	Transp.	Ce	Fotoss.	Ef. Uso água
Bioativador (L ha^{-1})							
0,0	33,98 a	45,50 a	-549,73 a	-0,28 b	0,000 a	4,08 a	-8,68 c
0,5	38,15 a	45,53 a	-316,45 a	2,25 a	0,025 a	4,50 a	2,95 bc
1,0	33,05 a	46,08 a	106,95 a	2,50 a	0,025 a	5,40 a	2,45 bc
1,5	39,33 a	45,63 a	-2892,90 b	0,75 ab	0,000 a	4,65 a	20,7 a
2,0	42,15 a	45,98 a	-105,40 a	1,70 a	0,025 a	6,10 a	11,43 ab
Teste F	**0,77^{NS}**	**0,67^{NS}**	**18,24****	**7,18****	**1,00^{NS}**	**0,22^{NS}**	**7,99****
C.V.	**23,16%**	**1,42%**	**-76,12%**	**61,75%**	**182,57%**	**69,86%**	**134,66%**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO et al., 2007).

Segundo Almeida et. al (2011), em seu estudo de bioativadores na cultura do arroz, o tiametoxam tem demonstrado esse efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa alta taxa fotossintética e raízes mais profundas.

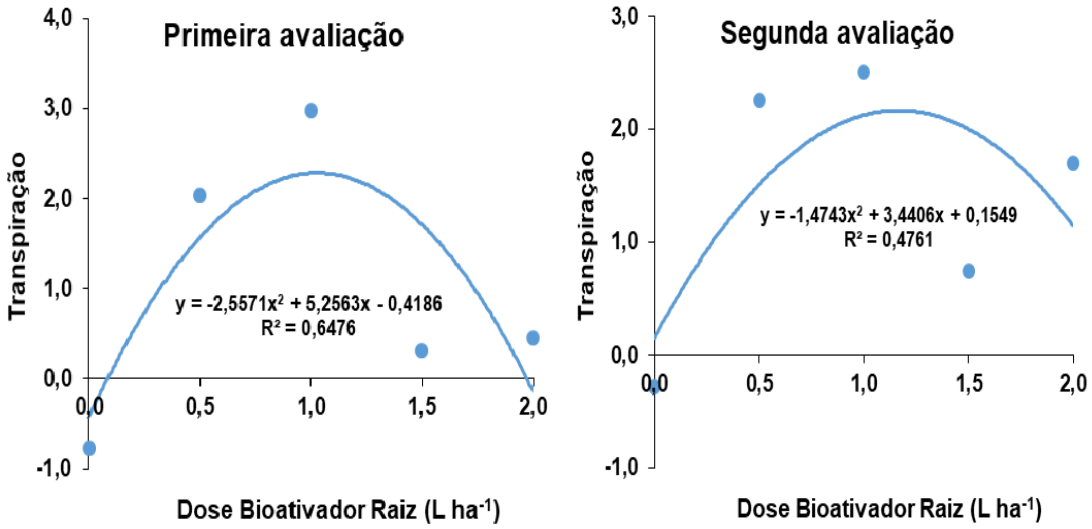
Figura7 - Carbono interno aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados, nas duas épocas avaliadas, a concentração de carbono interno na câmara subestomática apresentou uma tendência de diminuição com o aumento da dose do Bioativador, significando um consumo de gás carbônico destinado ao processo fotossintético na fase de grande crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Figura8 - Taxa de transpiração foliar aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.

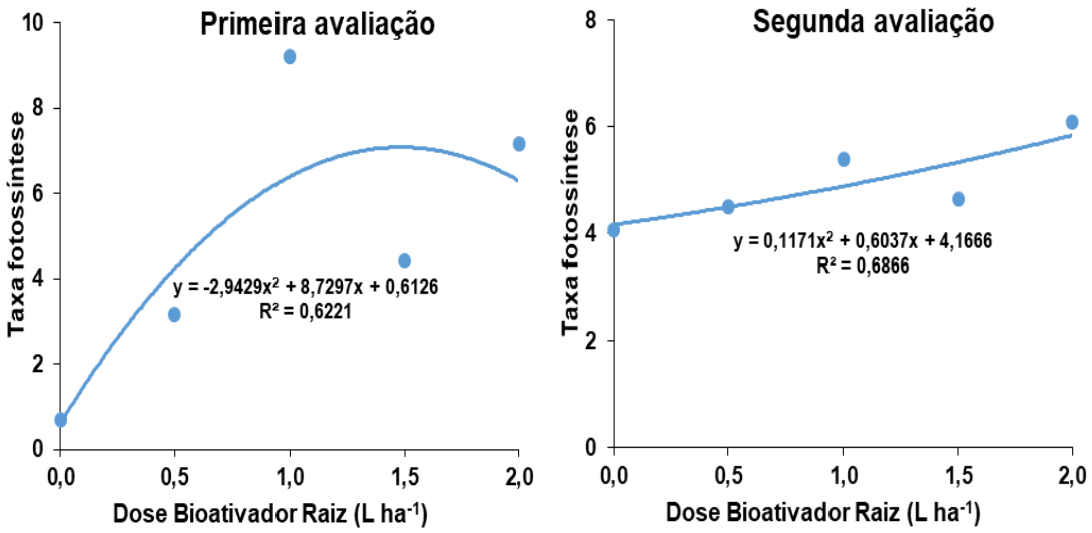


Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados, nas duas épocas avaliadas, a transpiração foliar aumentou com a dose de 1,0 L.ha^{-1} do Bioativador. Esse resultado

demonstra um favorecimento da absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular, de modo a contribuir com os processos ligados ao crescimento e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

Figura9 - Taxa de fotossíntese aos 70 dias e resultados não significativos da variável aos 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.

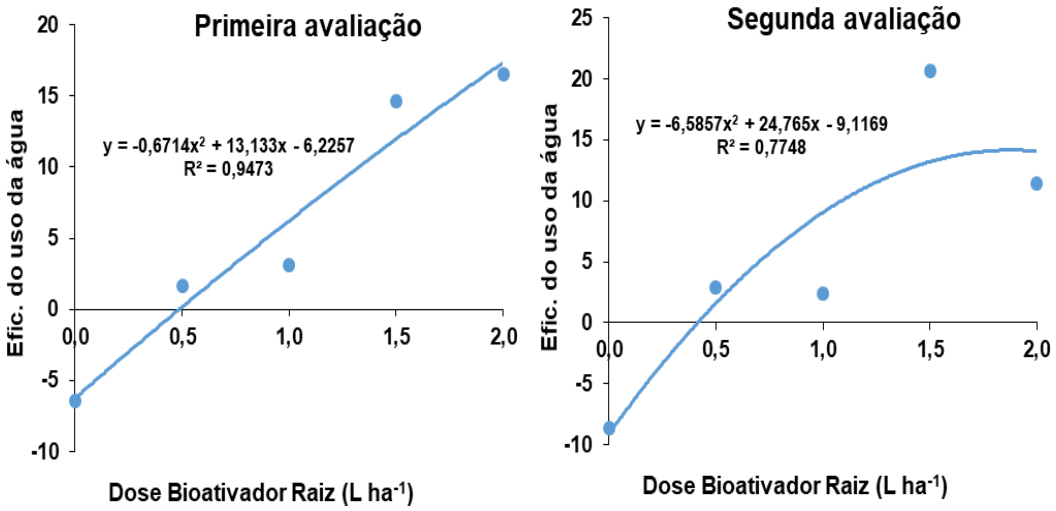


Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados, a taxa de fotossíntese, apesar de resultados não significativos estatisticamente na segunda época, apresentou uma tendência de aumento de seus valores em função da presença do produto Bioativador.

Esse resultado demonstra um favorecimento na produção de carboidratos, compostos orgânicos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar nas fases iniciais de cultivo. A taxa de fotossíntese corrobora com a incorporação de matéria seca vegetal, de modo a refletir nas fases posteriores de produção.

Figura10 - Eficiência do uso da água aos 70 e 120 dias após o plantio, em função da aplicação do Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados, nas duas épocas avaliadas, a eficiência do uso da água, apresentou uma tendência de aumento de seus valores em função da presença do produto Bioativador.

Esse resultado demonstra uma maior capacidade de aproveitamento de água pela planta no processo fotossintético, de modo a contribuir para a incorporação de matéria seca vegetal e favorecimento na produção de carboidratos, essenciais para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar nas fases iniciais de cultivo.

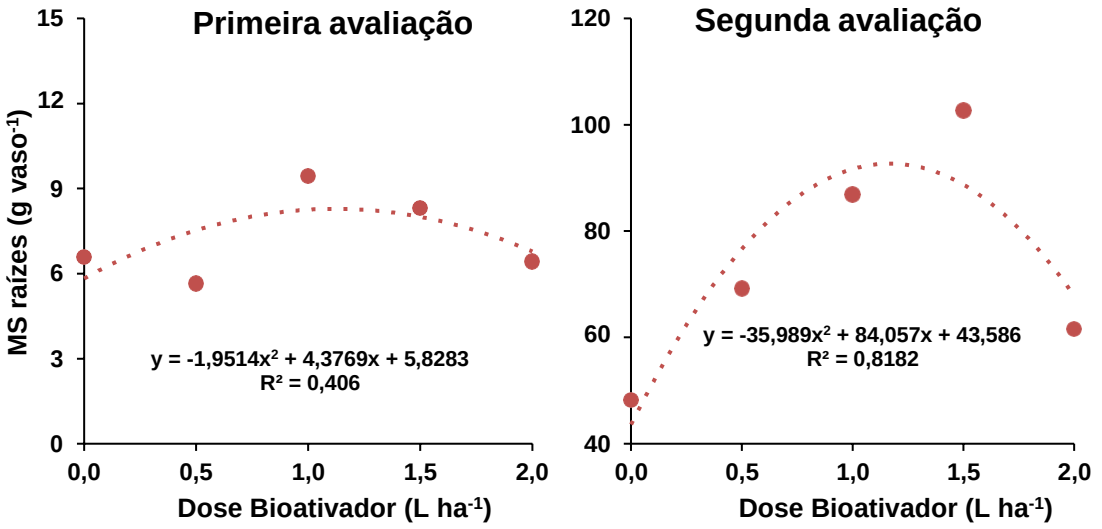
4.2 Avaliações Destrutivas

Quadro 9 - Pesos de matérias secas e IAF - índice de área foliar, envolvendo a aplicação do Bioativador, aos 70 e 120 após o plantio da cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Variáveis produtivas					
	Primeira avaliação - 70 dias após o plantio					
	MS Raízes	**MS Colmos**	**MS Folhas**	**MS P. Aérea**	**MS Total**	**IAF**
	..... g vaso^{-1}					
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	6,57 bc	1,83 d	2,11 c	3,94 c	10,510 c	0,210 c
0,5	5,65 c	2,93 bc	2,74 bc	5,66 b	11,310 c	0,270 bc
1,0	9,44 a	3,60 a	4,19 a	7,79 a	17,220 a	0,420 a
1,5	8,30 ab	3,15 bc	3,17 b	6,32 b	14,620 b	0,320 b
2,0	6,43 bc	2,74 c	3,22 b	5,95 b	12,380 bc	0,320 b
Teste F	**11,22****	**62,16****	**29,26****	**47,25****	**24,03****	**29,26****
C.V.	**12,70%**	**5,82%**	**9,12%**	**6,77%**	**8,41%**	**9,12%**
	Segunda avaliação - 120 dias após o plantio					
	MS Raízes	**MS Colmos**	**MS Folhas**	**MS P. Aérea**	**MS Total**	**IAF**
	..... g vaso^{-1}					
Bioativador (L ha^{-1})						
0,0	48,13 d	43,28 b	34,70 b	77,98 b	126,11 c	3,06 b
0,5	69,15 c	52,99 a	41,20 a	94,18 a	163,33 b	3,64 a
1,0	86,79 bc	55,92 a	41,46 a	97,38 a	184,16 ab	3,66 a
1,5	102,65 a	52,31 a	43,79 a	96,10 a	198,75 a	3,87 a
2,0	61,58 cd	56,50 a	45,19 a	101,69 a	163,27 b	3,99 a
Teste F	**37,24****	**11,54****	**9,69****	**13,90****	**30,60****	**9,69****
C.V.	**9,52%**	**5,98%**	**6,27%**	**5,21%**	**5,93%**	**6,27%**

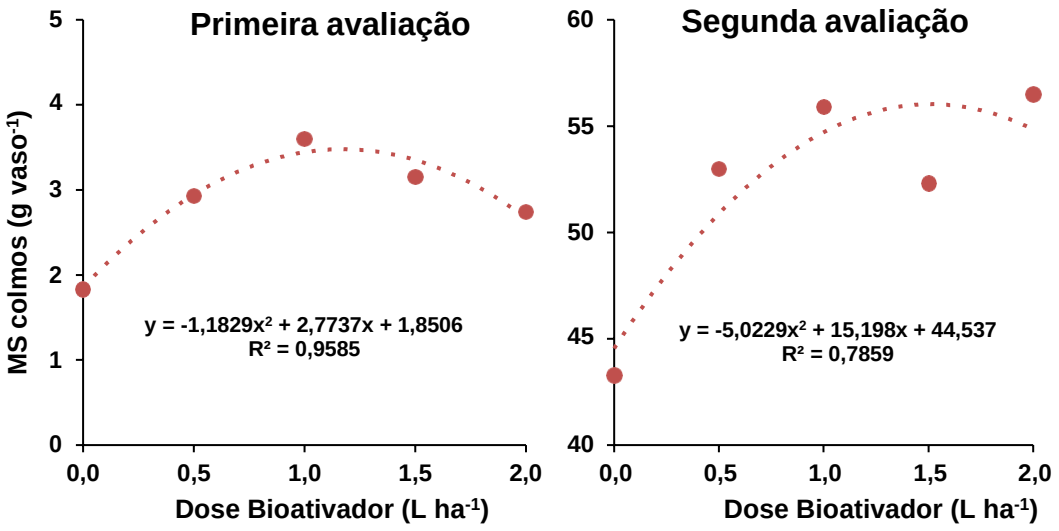
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - Peso da matéria seca das raízes aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



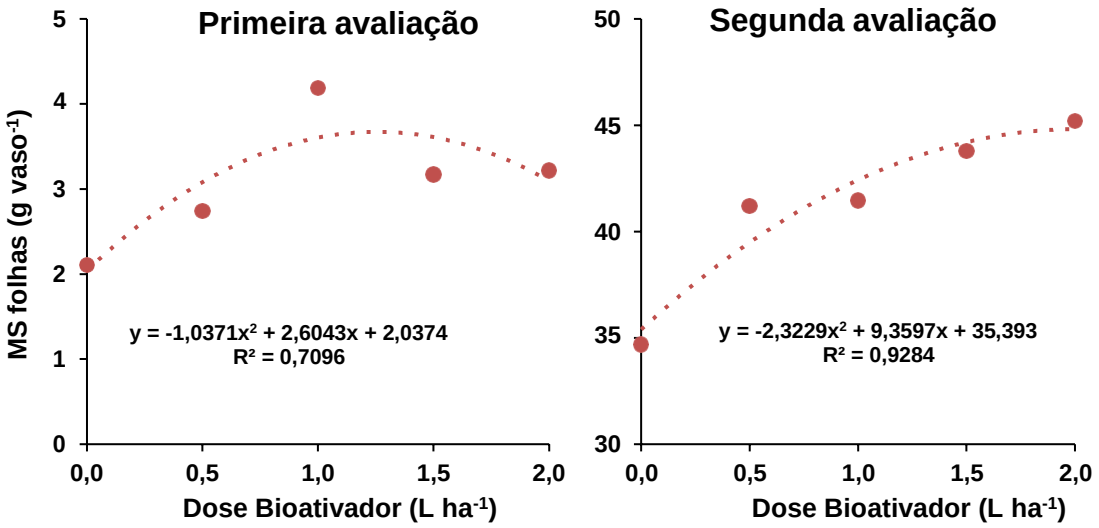
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Peso da matéria seca dos colmos aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



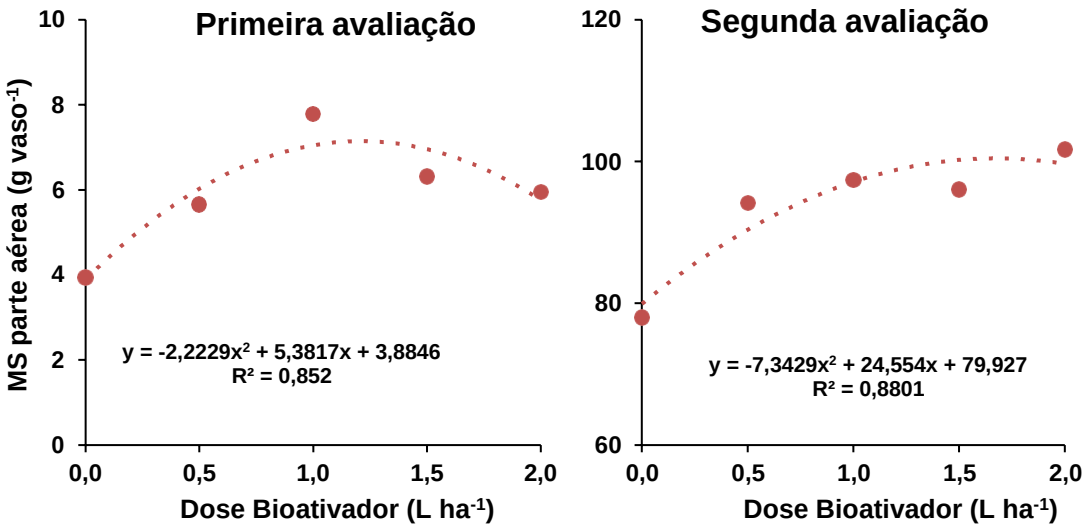
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Peso da matéria seca das folhas aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



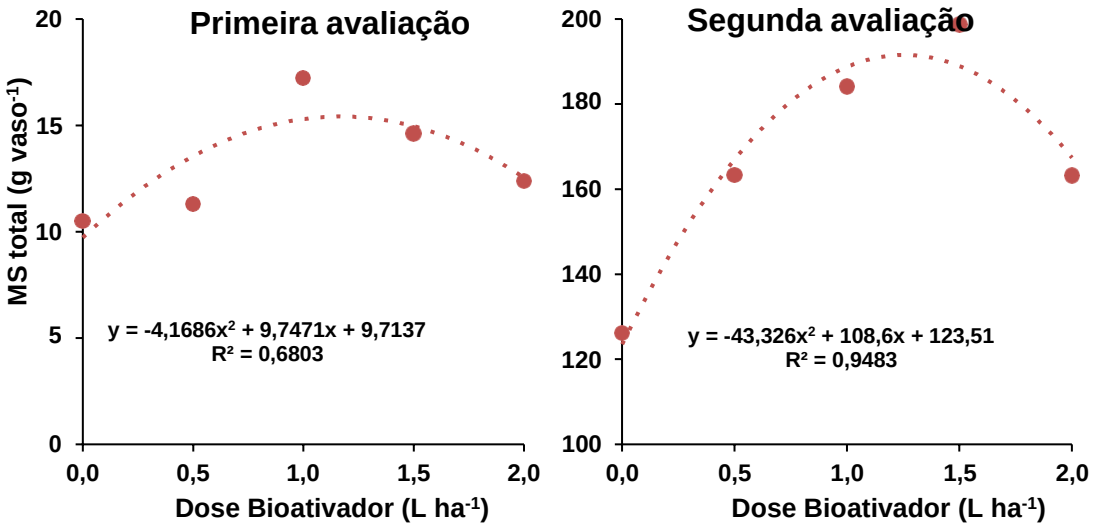
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Peso da matéria seca da parte aérea aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



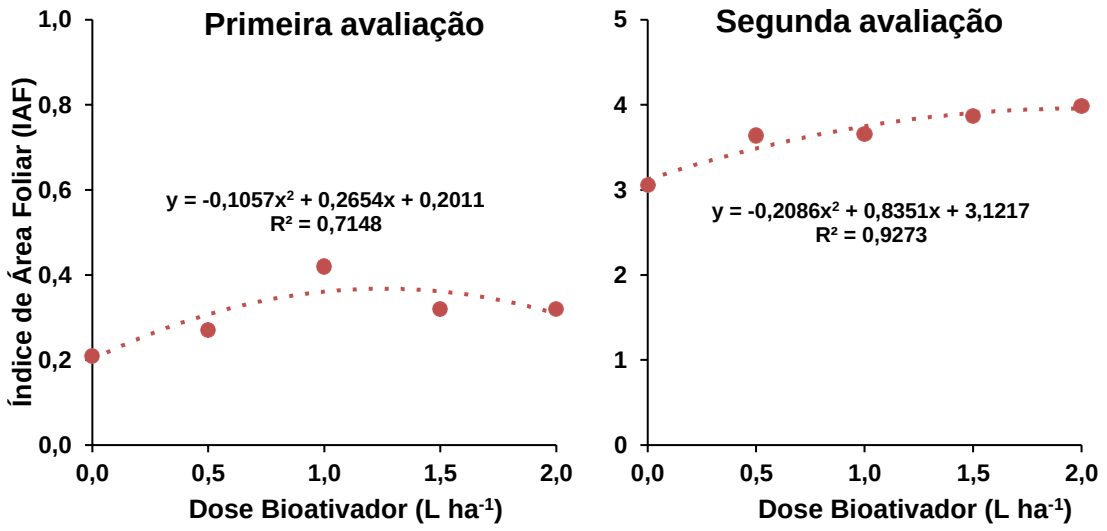
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Peso da matéria seca total das plantas aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Índice de área foliar aos 70 e 120 dias após o plantio, do experimento envolvendo o Bioativador, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os resultados apresentados, de maneira geral, a presença do Bioativador proporcionou um aumento do IAF – índice de área foliar das plantas de cana-de-açúcar.

Existe pouco estudo sobre a ação dos produtos bioativadores sobre o desenvolvimento inicial do sistema radicular das culturas, e as informações existentes são controversas, com relatos de aumento no comprimento radicular de batata, cenoura e algodão (PEREIRA et al., 2007; ALMEIDA et al., 2009; LAUXEN et al., 2010), além de apresentar incremento na massa seca radicular em cana-de-açúcar (Pereira et al., 2010)

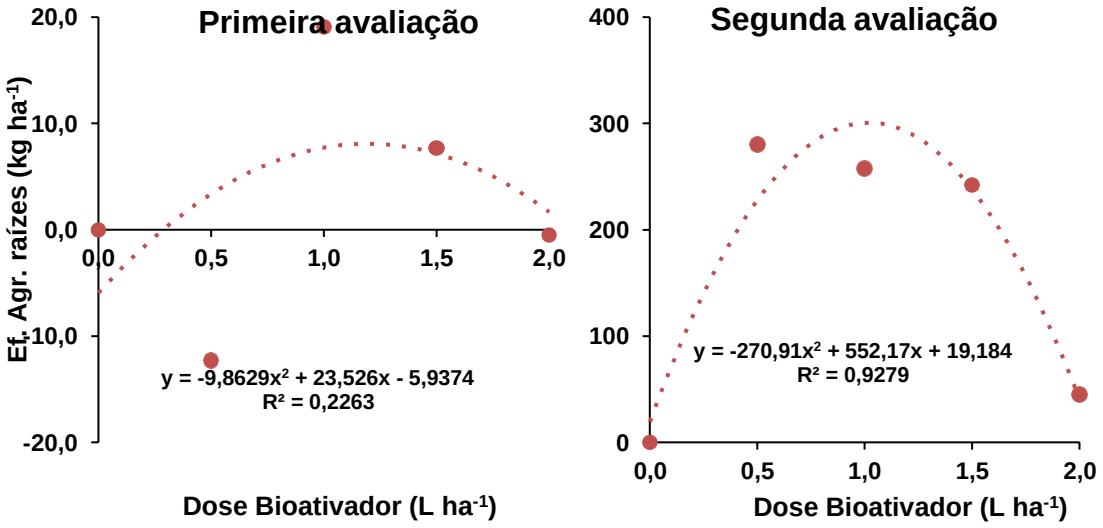
4.3 Eficiências agronômicas

Quadro10 - Eficiências agronômicas do Bioativador para crescimento radicular e produção de colmos, de folhas da parte aérea e total, aos 70 e 120 dias após o plantio da cultura da cana-de-açúcar.

Causa da variação	Eficiência agronômica do Bioativador Raiz				
	Primeira avaliação - 70 dias após o plantio				
	Raízes	Colmos	Folhas	Parte Aérea	Total
	..... Kg ha^{-1}				
Bioativador (L ha^{-1})					
0,0	0,00 ab	0,00 e	0,00 c	0,00 c	0,00 b
0,5	-12,30 b	14,63 a	8,34 b	22,96 a	10,67 b
1,0	19,08 a	11,78 b	13,85 a	25,63 a	44,71 a
1,5	7,68 a	5,87 c	4,71 bc	10,58 b	18,26 b
2,0	-0,49 ab	3,03 d	3,69 bc	6,71 bc	6,22 b
Teste F	**6,95****	**100,87****	**22,72****	**48,86****	**12,76****
C.V.	**314,21%**	**17,11%**	**35,98%**	**23,62%**	**60,97%**
	Segunda avaliação - 120 dias após o plantio				
	Raízes	Colmos	Folhas	Parte Aérea	Total
	..... Kg ha^{-1}				
Bioativador (L ha^{-1})					
0,0	0,00 b	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 c
0,5	280,17 a	129,45 a	86,63 a	216,08 a	496,25 a
1,0	257,67 a	84,26 ab	45,06 ab	129,32 ab	387,00 ab
1,5	242,30 a	40,15 bc	40,40 ab	80,55 bc	322,85 ab
2,0	44,81 b	44,08 bc	34,97 ab	79,05 bc	123,86 bc
Teste F	**13,50****	**10,02****	**4,27***	**7,93****	**11,04****
C.V.	**43,49%**	**52,11%**	**72,16%**	**55,76%**	**45,52%**

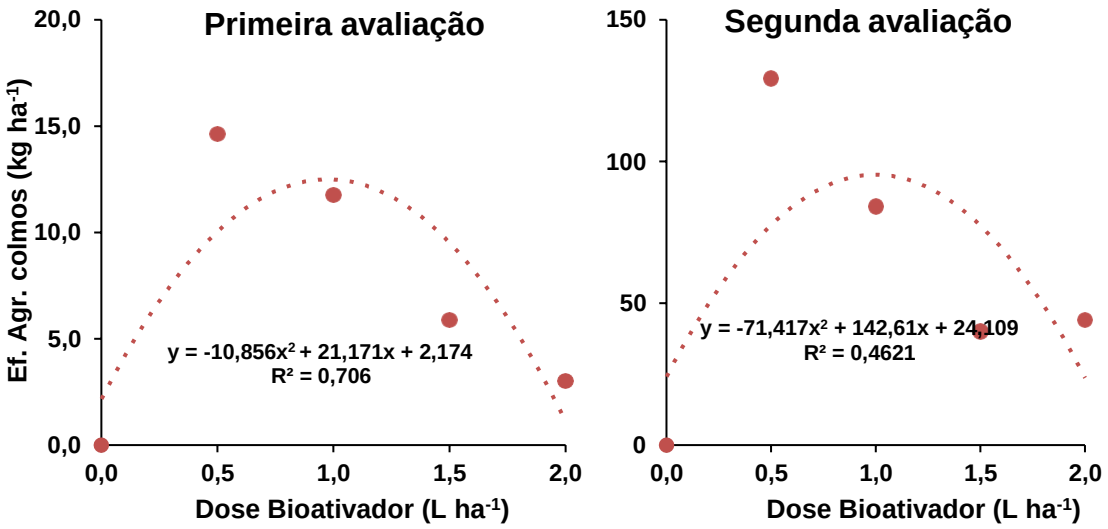
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura17 - Eficiência agronômica do Bioativador para crescimento radicular aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar.



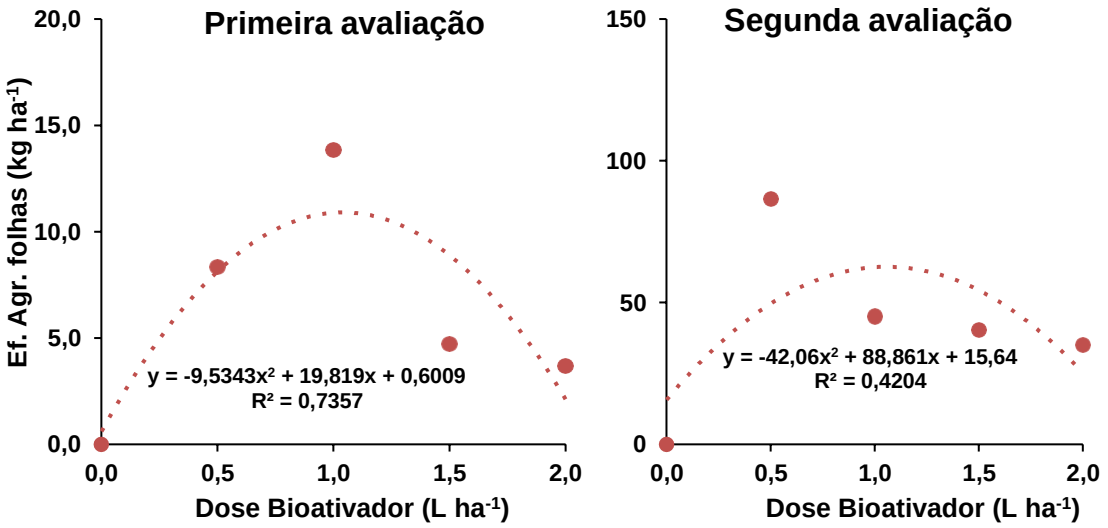
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura18 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção de colmos aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar.



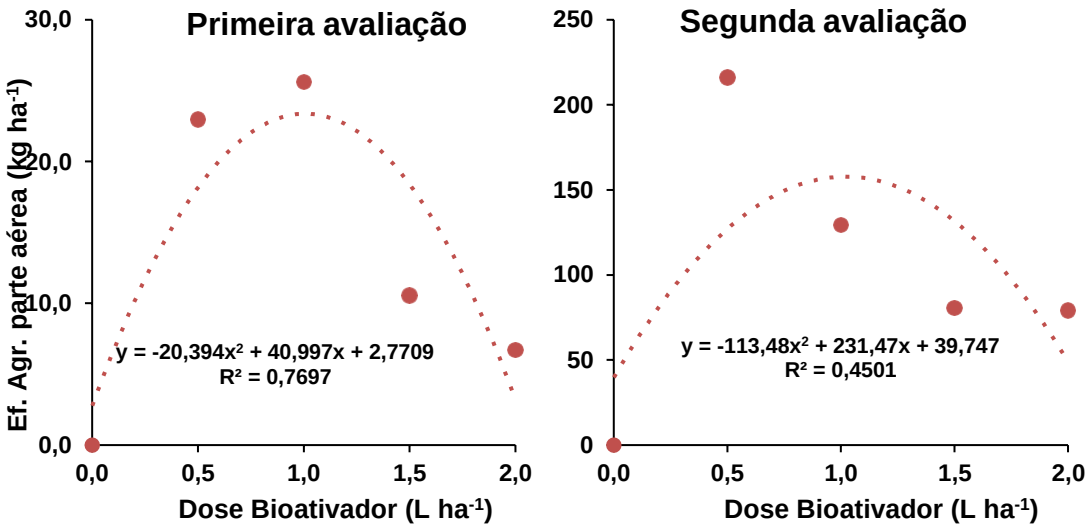
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura19 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção de folhas aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar.



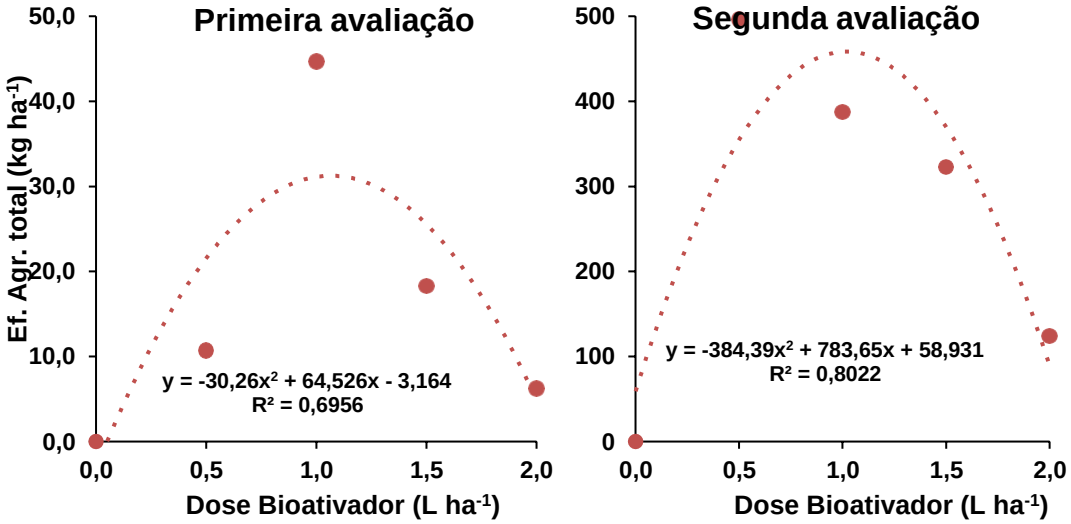
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura20 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção da parte aérea das plantas (colmo + folhas) aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura21 - Eficiência agronômica do Bioativador para produção total das plantas (raízes + colmo + folhas) aos 70 e 120 dias após o plantio, na cultura da cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A eficiência agronômica é uma medida que tem por finalidade quantificar o ganho de produtividade de uma cultura em função da dose do elemento ou produto aplicado. A cana-de-açúcar é uma cultura com multiusos, ou seja, podendo ser utilizada para produção de colmos, e por consequência, de açúcar e/ou etanol. No entanto, também pode ser utilizada para a produção de biomassa visando a alimentação animal. Tem ainda como característica explorar diferentes tipos e profundidades de enraizamento.

Nesse sentido, a eficiência agronômica nesse trabalho abrangeu todas as possibilidades de crescimentos e aumento de rendimentos.

5 CONCLUSÃO

A cana-de-açúcar, quando cultivada em suas fases inicias de crescimento e desenvolvimento, na presença do Bioativador apresentou resultados favoráveis para as principais características relacionadas à produção de matéria seca e aspectos morfofisiológicos vegetais. Dessa forma, o produto pode ser utilizado como uma ferramenta para a melhoria dos parâmetros quantitativos e qualitativos das plantas de cana-de-açúcar.

6 REFERÊNCIAS

Almeida, A.S., Tillmann, M.A.A., Villela, F.A., Pinho, M.S. 2009. **Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura**. Revista Brasileira de Sementes 31: 87-95

ALMEIDA, Andréia da Silva et al. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 501-510, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6023**:informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 74 p.

BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: Livroceres, 2006. V. 1, p. 80-91.

CARLQUIST, S. Ecological strategies of xylem evolution. **Berkeley**: University of California Press, 1975. 259p.

CASAGRANDE, Ailto Antonio. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991.

CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. 1 CD-ROM.

CASTRO, P.R.C.; PITELLI, A.M.C.M.; PERES, L.E.P.; ARAMAKI, P.H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. Publicatio, v.13, n.13, p.25-29, 2007. http://www.revistas2. uepg.br/index.php/exatas/article/viewFile/892/774.

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal**: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234p.

CONAB. **Acomp. safra bras. cana**, v. 8 – Safra 2020/21 – n. 4 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-62, maio 2021.

DILLEWIJN, C. **Van Botany of sugarcane**. Walthan: Chronica Botanica, 1952. 371p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: 2006, 412p.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R.; SILVA, R.O. Estudo da viabilidade de disponibilização de potássio e fósforo em solos de Cerrado com a utilização do Penergetic. Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras.Brasília, DF: Embrapa, 2010.

KRAUS, J.E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 221p.

LAKSHMANAN, P.; GEIJKES, R.J.; AITKEN, K.S.; GROF, C.L.P.; BONNETT, G.D.; SMITH, G.R. **Sugarcane biotechnology**: challenges and opportunities. In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant, v.41, p.345–363, 2005.

LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. Manual do experimentador: melhoramento da cana-deaçúcar. In: **Metodologia de Experimentação**: ensaios de competição em cana-de-açúcar.Pindorama: Instituto Agronômico, 1995.

Lauxen, R.L., Villela, F.A., Soares, R.C. 2010. **Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam**. Revista Brasileira de Sementes 32: 61-68.

MARTINS, M.B.G.; CASTRO, P.R.C. Efeitos de giberelina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.34, n.10, p.1855-1863, 1999.

Pereira, M.A., Silva, F.M.L., Duarte, R.M., Castro, P.R.C. 2007. Efeito de Tiametoxam e Fludioxonil no comprimento das raízes da batata. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Batata. Programas e Resumos... São Paulo, Brasil.

PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M.; SOUZA, T.C.; MAGALHÃES, P.C. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p.1649-1656, 2008.

PEREIRA, Jaine. UTILIZAÇÃO DE ATIVOS BIOLÓGICOS E DE BIOATIVADORES DE SOLO NA CULTURA DA BATATA. **TCC's Engenharia Agronômica**, 2020.

RAIJ, B. van e CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J.A. e FURLANI, A.M.C. (coord.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. p.233-236.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Botucatu: UNESP, 1995. 100p.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Porto Alegre. Núcleo Amigos da Terra, 2006. 37p.

SEGATTO, F.B.; BISOGNIN, D.A.; BENEDETTI, M.; COSTA, L.C.; RAMPELOTTO, M.V.; NICOLOSO, F.T. **Ciência Rural.** Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. Santa Maria, 34: 1597-1601. 2004.

SERCILOTO, C.M. **Mais produção: os bioativadores são capazes de aumentar a qualidade dos frutos**. Cultivar HF, Pelotas, v.2, n.13, p20-21, 2002.

SILVA, M.A. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.545-552, 2007.

SOUZA, T.C. de; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M. de; SILVA JÚNIOR, J.M. da; PARENTONI, S.N. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.16-24, 2010.

SOUZA, T.C.; CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PARENTONI, S.N.; MAGALHÃES, P.C. Morpho-anatomical characterization of root in recurrent selection cycles for flood tolerance of maize (Zea mays L.). **Plant Soil and Environment**, v.55, n.11, p.504-510, 2009.

VASCONCELOS, A.C.M.; GARCIA, J.C. **Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafos, 2005 (Informações Agronômicas, 110).