



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MAYRA ALVES DO NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA DE VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES ÉPOCAS DE ADUBAÇÃO FOLIAR**

**AREIA
2023**

MAYRA ALVES DO NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA DE VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES ÉPOCAS DE ADUBAÇÃO FOLIAR**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador(a): Prof. Dr. Fábio Mielezrski.

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N244e Nascimento, Mayra Alves do.

Eficiência produtiva e econômica de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes épocas de adubação foliar / Mayra Alves do Nascimento. - Areia:UFPB/CCA, 2023.

51 f. : il.

Orientação: Fábio Mielezrski.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Nutrição foliar. 3. Adubação. 4. RB041443. 5. saccharum spp. I. Mielezrski, Fábio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA
CAMPUS II – AREIA - PB

DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 02.06.2023

**“EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA DE VARIEDADES DE
CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES ÉPOCAS DE
ADUBAÇÃO FOLIAR.”**

Autor: **Mayra Alves do Nascimento.**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Mielezrski
Orientador(a) – UFPB

Profa. Dra. Maria Idaline Borges Pessoa Cavalcanti
Examinador(a) – UFCA

Me. Ana Beatriz Torres Melo de Freitas
Examinador(a) – UFRPE

A Deus, que foi minha maior força nos momentos difíceis.

A minha mãe, meu irmão e meus avós pelo amor, apoio, união e incentivo durante esses anos longe de casa, sendo fundamentais para minha formação.

Em especial ao meu pai José Rodrigues do Nascimento (in memoriam), que sempre me apoiou e me deu forças para realizar os meus sonhos, não está mais entre nós, mas continua sendo minha maior força e razão de viver. Sua lembrança me inspira a lutar em busca dos meus objetivos persistindo sobre qualquer obstáculo.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre esteve comigo em todos os momentos e que nunca me deixou desistir dos meus sonhos. Agradeço a graça alcançada de concluir o curso e tornar possível essa realização profissional em minha vida.

A minha família que me incentivou nos momentos difíceis, compreendendo minha ausência enquanto me dedicava ao curso. Em especial a minha querida mãe que me aconselhou e me encorajou sempre pelos melhores caminhos, amo você.

Ao meu querido pai “Zé de Ernesto” (*in memoriam*), foi fundamental na minha criação e formação como pessoa, infelizmente sua partida precoce para vida eterna ao final do meu curso não o deixou me ver chegar aqui, na realização desse sonho que eu sabia que também era seu, tudo que alcancei até hoje, foi tudo por nós, para sempre eternamente te amarei, que estejas orgulhoso de mim aí no céu.

Aos meus queridos avós e ao meu irmão Maury, obrigada por todo companheirismo e incentivo, vocês são o combustível da minha vida. Amo todos vocês.

Ao meu namorado Henrique Duarte, que me motiva e encoraja, principalmente nessa reta final do curso, você é inspiração para mim, meus dias se tornaram melhores depois que você apareceu, eu te amo.

A minha amiga Stefani Gabrieli que ao longo dos nossos 7 anos de amizade sempre me encorajou e me acolheu tão bem, obrigada por tudo, você e sua família são especiais.

Ao meu orientador Fabio Mielezski que me acolheu desde o terceiro período e foi responsável pelo meu crescimento profissional, obrigada pela oportunidade que me concedeu, por todo apoio nos momentos de dificuldade e por sempre acreditar em mim, suas contribuições foram essenciais para minha formação acadêmica.

À banca, composta por duas mulheres que admiro demais, minhas amigas Beatriz e Idaline, vocês são minhas inspirações, tanto em âmbito acadêmico como profissional, obrigada por todo suporte e ensinamentos.

Aos professores do curso de Agronomia por todos os ensinamentos prestados durante a graduação, em especial, Leossávio, Ademar, Djail Santos, Bruno de Oliveira, Daniel Duarte, Edna Ursulino, Valéria Borges, Rejane, Luciana e Adriana Santos, que contribuíram ao longo desses semestres, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento da minha formação acadêmica.

Aos funcionários da UFPB, em especial Assis que me acolheu super bem enquanto chefe da Vila Acadêmica, Lannúbia, Ericka, Ronaldo Chefe, Candinho, Seu Josá e Jandira da

Fruticultura, Solon e Nau (aluno), pela presteza e atendimento quando nos foi necessário. Assim como também agradeço a Alexandre, “Xuriu” pelo trabalho prestado na Chã-de-Jardim, nos ajudando a desenvolver os experimentos.

Aos meus amigos da minha querida Aroeiras, cidade que me criei e construí grande parte da minha vida, em especial: Kalina, Ewerton, Jeane, Jaine, Thaiza e Mateus Pereira.

À minha turma de entrada do SISU - 2018.1, pelos momentos de amizade e apoio, em especial Emily, Guimarin, Rosany, Ery, Lucas, Matheus Trajano, Rayan Pedro e Franklin.

À turma 2017.2 que me acolheu de coração, a qual passamos por diversos momentos de companheirismo e estudo, obrigada por todo apoio, Mirelly, Alexandre, Allef, Murilo, João Carvalho, Jurandez, Wagner, Paula e Márcio.

À equipe REPRESENTAGRO, que representou tão bem o Diretório Acadêmico, mesmo em meio as dificuldades, fizemos um trabalho excepcional. Obrigada pela parceria meus amigos Lázaro M, Lian, Estephany, Sanges, Amanda, Joseane, Vinicius e Marcos.

À turma do “BUG” pelo companheirismo, amizade, troca de conhecimentos e experiências de vida, sobretudo as farras. Meus amigos, Edmilson, Malu, Ewerton, Jéssica, Sara, Anne, Karol Nery, João Pedro, Jackeline, Zé Manoel, Erasmo Fecho e Felipe Veras.

À toda equipe GESUCRO que ao longo desses 4 anos foram fundamentais na construção do meu conhecimento e formação como profissional, me fazendo gostar tanto da cana-de-açúcar, em especial aos mais antigos membros: Lucilo, Bruno Rosendo, Edivanilton Alves, Glauco, Lucas Zoba, Helton, Fidelis, Alan, Edson, Daniel, João Henrique, Vitória, Marquinhos, Raiff, Ravelly, Juanderson e Adjair. E aos membros mais recentes que foram fundamentais durante minha passagem como presidente: Neto, Williams, Lucas Araruna, Wellington, João A, Rhadija e Matheus, meu muito obrigada a todos.

À empresa AGROMAPE e toda sua equipe, por me receberem tão bem durante meu estágio de conclusão do curso, foi um divisor de águas para minha formação me propiciando a vivência profissional como Engenheira Agrônoma ainda durante a graduação, muito obrigada!

À FAPESQ-UFPB e CNPq pela concessão das bolsas de iniciação científica, sendo fundamental para minha consolidação como pesquisadora.

À empresa UBYFOL por ter concedido os produtos testados neste trabalho.

À RIDESA pelo apoio as nossas pesquisas e condução dos experimentos.

Ao amigo João Paulo Oliveira que é uma inspiração científica para mim e sempre me apoia, muito obrigada.

Ao grupo GNAF/UFRPE pelo apoio e concessão de artigos e pesquisas que embasaram esse trabalho, em especial ao amigo Douglas e ao professor Emídio Cantídio.

À ASPLAN pela doação das mudas e adubos e todo apoio prestado, em especial a pessoa de Zé Inácio que sempre acreditou e nos incentivou em nossas pesquisas.

Aos amigos que fiz na UFCG enquanto cursei alguns períodos de Eng. Agrícola, em especial, Lais, Dudinha, Denis, Kheila, Bruno, Brenda, Sizernando e Luiza, enfrentamos o verdadeiro sentido do início de uma graduação em Engenharia, pois sofremos muito em Cálculo I kkkk.

À minha colega de quarto Rhadija que se tornou uma irmã, enfrentamos muitos perrengues juntas no nosso G3, mas também muitos momentos de apoio e lealdade, ao meu amigo Matheus Silva que também se tornou um irmão me dando forças em diversos momentos, a todo o grupinho do G3 o quarto mais badalado do CCA: Estephany, Lian, Pedro (Pedrin) e Mirelly (Mimi), obrigada por todos os momentos de companheirismo, amizade, festas e farras, principalmente lá em Sholas tomando a princesa do brejo.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos que tive o prazer de conhecer e conviver durante esses 5 anos de graduação em Agronomia: Joelzinho, Santiago, Marianne, Elisandra, Rafael Bola, Aline Lima, Joan, Luan, Marcela, Elilson Brito, Maria Eduarda, Laura Toledo, Seu Guilherme, Anderson Antero, Jailson, Aurélio, Josias, Ester, Alfredo, Amanda Lins, Vilar, Gabriel Taveira, Antônio Gabriel, Jonatha Pinheiro, Daniel Vitor, Victor Chapa, Silvio, Julhinha, Jonathan Bernardo, Ilário, Cleice, Matheus Antony, Bianca Nutri, João Pedro NEF, Khyson, Edinete e Joyce obrigada a todos vocês.

Encerro esse ciclo com sentimento de dever cumprido, todos vocês foram fundamentais para o meu crescimento.

“Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe.”

Obrigada a todos!

RESUMO

A adubação foliar é uma prática de manejo complementar a adubação via solo, sendo importante para o fornecimento e absorção de macro e micronutrientes na cana-de-açúcar de acordo com suas necessidades, nutrindo a planta para um melhor desenvolvimento vegetativo e conseqüente maior produtividade. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho analisar qual a melhor época de aplicação foliar dos fertilizantes, bem como a resposta produtiva das variedades RB041443 e RB867515 na aplicação destes produtos foliares. O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, no município de Areia-PB. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 2x4 o primeiro fator foi constituído por dois genótipos de cana-de-açúcar (RB867515 e RB041443) e o outro fator correspondeu a quatro épocas de aplicação dos adubos foliares (90+120 DAP; 90+150 DAP; 120+180 DAP e 90+200DAP) acrescido da testemunha absoluta sem a aplicação dos produtos, em ambos os genótipos, contendo assim 10 tratamentos com quatro repetições e um total de 40 unidades experimentais. Os parâmetros produtivos avaliados foram: Altura de plantas (ALT), Diâmetro médio do colmo (DC), Número de colmos por metro (NC), Número de entrenós (NE), Índice de Maturação (IM), Teor de sólidos solúveis (°Brix), Toneladas de colmo por hectare (TCH) e a Viabilidade Econômica (VE). Os dados biométricos e produtivos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R® versão 4.2.1. De maneira geral, os resultados demonstraram efeito significativo entre as variedades quando submetidas a adubação foliar com macro e micronutrientes, sendo as épocas de aplicação foliar 120+180 DAP e 90+200 DAP as janelas fisiológicas que exibiram melhores resultados nesse trabalho, podendo ser uma alternativa para o parcelamento dessa adubação, devido coincidirem com o máximo período de crescimento vegetativo, possibilitando melhor absorção e aproveitamentos dos nutrientes. A variedade RB041443 se sobressaiu produtivamente com relação ao NC, NE, IM, °BRIX e TCH, enquanto o maior diâmetro foi obtido na RB867515. Por fim, conclui-se que a aplicação fracionada dos adubos foliares nas épocas 120 + 180 DAP e 90 + 200 DAP se mostrou mais eficiente produtivamente, sendo a variedade RB041443 a mais responsiva obtendo o melhor desempenho vegetativo e produtivo e com relação ao retorno econômico a aplicação foliar aos 120 + 180 DAP se mostrou a mais rentável e com maior ganho financeiro.

Palavras-Chave: nutrição foliar; parcelamento de adubação; RB041443; *saccharum* spp.

ABSTRACT

Foliar fertilization is a management practice complementary to soil fertilization, and is important for the supply and absorption of macro and micronutrients in sugarcane according to its needs, nourishing the plant for better vegetative development and consequent greater productivity. Thus, the objective of this work was to analyze the best time of foliar application of fertilizers, as well as the productive response of the varieties RB041443 and RB867515 in the application of these foliar products. The work was conducted in the Chã-de-Jardim Experimental Farm, belonging to the Center for Agrarian Sciences of the Federal University of Paraíba, in the municipality of Areia, PB. The randomized block design (BCT) was used in a 2x4 factorial scheme with the first factor consisting of two sugar cane genotypes (RB867515 and RB041443) and the other factor corresponding to four foliar fertilizer application periods (90+120 DAP; 90+150 DAP; 120+180 DAP and 90+200DAP) plus an absolute control without the application of products, in both genotypes, thus containing 10 treatments with four repetitions and a total of 40 experimental units. The productive parameters evaluated were: Plant height (ALT), Average diameter of the thatch (DC), Number of stalks per meter (NC), Number of internodes (NE), Maturation index (IM), Soluble solids content (°Brix), Tons of thatch per hectare (TCH) and the Economic Viability (EV). The biometric and productive data were submitted to Analysis of Variance (ANOVA) by the F test and subsequent test of means by Scott-Knott criteria, at 5% probability, with the help of the statistical program R® version 4.2.1. In general, the results showed significant effect between the varieties when foliar fertilization was applied with macro and micronutrients. The foliar application periods 120+180 DAP and 90+200 DAP were the physiological windows that showed the best results in this work. The variety RB041443 stood out productively with respect to NC, NE, IM, °BRIX and TCH, while the largest diameter was obtained in RB867515. Finally, it was concluded that the fractionated application of foliar fertilizers at 120 + 180 DAP and 90 + 200 DAP proved to be more efficient productively, with the variety RB041443 being the most responsive, obtaining the best vegetative and productive performance and with respect to economic return the foliar application at 120 + 180 DAP proved to be the most profitable and with greater financial gain.

Keywords: foliar nutrition; fertilizer scheduling; RB041443; *saccharum* spp.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Comparativo e estimativa da moagem de cana-de-açúcar em 9 safras	14
Figura 2 –	(A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó	16
Figura 3 –	Estágios fenológicos da cana-de-açúcar	16
Figura 4 –	Extração e exportação de macro e micronutrientes para a produção de 100 toneladas de colmos por hectare	21
Figura 5 –	Ciclo hormonal e demanda de nutrientes na fenologia da cana-de-açúcar	23
Figura 6 –	Tempo necessário para a absorção de 50% dos nutrientes aplicados via foliar	24
Figura 7 –	Mapa de localização da fazenda experimental Chã-de-Jardim, na cidade Areia- PB	25
Figura 8 –	Médias de precipitação pluviométrica e de temperatura, na cidade de Areia- PB durante o decorrer do experimento (AGO/2020 até JUL/2021)	26
Figura 9 –	Altura de planta de cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023	34
Figura 10 –	Número de perfilhos (A), diâmetro do colmo (B) e número de entrenós (C) de variedades cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023	36
Figura 11 –	Índice de maturação (A) e °Brix (B) de variedades cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023	38
Figura 12 –	TCH de variedades cana-de-açúcar (A) em função das diferentes épocas de adubação foliar (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023.....	40
Figura 13 –	Análise de viabilidade econômica da aplicação foliar em cana-planta (SAFRA 2020/2021)	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Distribuição dos tratamentos adotados no experimento	26
Tabela 2	– Composição química dos produtos usados no experimento	27
Tabela 3	– Doses de aplicação dos produtos adequados ao tamanho do experimento ...	28
Tabela 4	– Caracterização da fertilidade do solo utilizado no experimento.....	29
Tabela 5	– Custo médio de produção para implantação de um canavial em sequeiro no Estado da Paraíba, 2023	31
Tabela 6	– Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DC), número de perfilhos (NP), número de entrenós (NE), índice de maturação (IM), °Brix (BRIX) e TCH de duas variedades de cana-de-açúcar (RB041443 e RB867515) submetidas a diferentes épocas de adubação foliares. Areia-Paraíba, 2023	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL.....	14
2.2	MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR	15
2.3	CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	17
2.3.1	Variedade RB867515	18
2.3.2	Variedade RB041443	18
2.4	ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	19
2.4.1	Adubação de plantio e cobertura	19
2.4.2	Macro e micronutrientes na cana-de-açúcar	20
2.4.3	Adubação foliar	22
3	METODOLOGIA	25
3.1	LOCAL DO EXPERIMENTO	25
3.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.3	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	28
3.4	VARIÁVEIS ANALISADAS	29
3.4.1	Componentes de rendimento.....	29
3.4.2	Altura de plantas (ALT)	29
3.4.3	Diâmetro médio do colmo (DC).....	30
3.4.4	Número de colmos por metro (NC).....	30
3.4.5	Número de Entrenós (NE)	30
3.4.6	Índice de Maturação (IM).....	30
3.4.7	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	30
3.4.8	Toneladas de Cana por Hectare (TCH).....	30
3.4.9	Análise de Viabilidade econômica.....	31
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é conhecida pela humanidade desde a pré-história devido à produção de açúcar e é considerada uma importante cultura econômica sendo amplamente cultivada em vários países (FIGUEROA-RODRÍGUEZ et al., 2019). É uma grande commodity importante para o agronegócio devido a produção em larga escala de etanol e açúcar, também é utilizada para diversas finalidades, como produção de vinhaça, torta de filtro e bagaço, que são utilizados na alimentação animal, fertilizantes e produção de energia (CHICONATO et al., 2021; ELSHEERY et al., 2020).

A cana-de-açúcar ocupa mais de 10 milhões de hectares de terras agricultáveis no Brasil, sendo este o maior produtor do mundo e, na safra 2022/23, foi responsável pela produção de 610,1 milhões de toneladas. A produção de açúcar foi de 37 milhões de toneladas, um acréscimo de 6% frente à safra anterior, enquanto a produção de biocombustível foi de 11,65 bilhões de litros de etanol anidro e 15,72 bilhões de litros de etanol hidratado (CONAB, 2023).

Na Paraíba a produção na safra 22/23 foi de aproximadamente 7,3 milhões de toneladas de cana, ultrapassando recordes de produção desde 1980, com um crescimento de quase 30% na moagem de cana-de-açúcar e um aumento de 40% e 25% na produção de açúcar e álcool, respectivamente, evidenciando o potencial de crescimento da produção no Estado (VISÃO AGRO, 2023). Os ótimos resultados na produção da cultura foram decorrentes do aumento da precipitação no Estado, principalmente nos meses de novembro/22 a março/23 nas microrregiões onde se localizam as usinas (CONAB, 2023).

Para potencializar a produção da cultura é crucial entender as respostas das plantas às combinações de disponibilidade de água e nutrientes. O nitrogênio, por exemplo, é um dos macronutrientes limitantes mais comuns nos sistemas de produção vegetal. Como consequência, é padrão adicionar fertilizante nitrogenados a cultura (KONING, 2015). Observa-se que, entre os principais gargalos no cultivo da cana-de-açúcar estão os custos relacionados à aplicação de fertilizantes sintéticos principalmente macronutrientes como o fósforo (P), portanto, é importante realizar a otimização dessas aplicações (SOLTANGHEISI et al., 2019).

De acordo com Ismail et al. (2021) a época de aplicação foliar de fertilizantes é muito importante para determinar a eficiência de atuação dos micronutrientes. Ademais, a realização de diagnoses foliares são fundamentais para entender a necessidade da planta, levando em

consideração às doses de fertilizantes que serão ministradas e às relações entre os nutrientes e época de aplicação dos adubos (DA SILVA, 2022).

Com base nessas informações, é de extrema importância determinar a época ideal do manejo nutricional da cultura, assim como, diminuir as perdas dos nutrientes, seja por volatilização ou lixiviação, evitando o desperdício excedente de fertilizantes, visando elevar a produção controlando os gastos e maximizando os resultados (MELO et al., 2018).

Portanto, dado o atual cenário da produção da cana-de-açúcar e buscando estratégias para potencializar a produtividade desta cultura, este trabalho tem por objetivo analisar qual a melhor época de aplicação foliar dos fertilizantes, bem como a resposta produtiva das variedades RB041443 e RB867515 na aplicação destes produtos foliares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

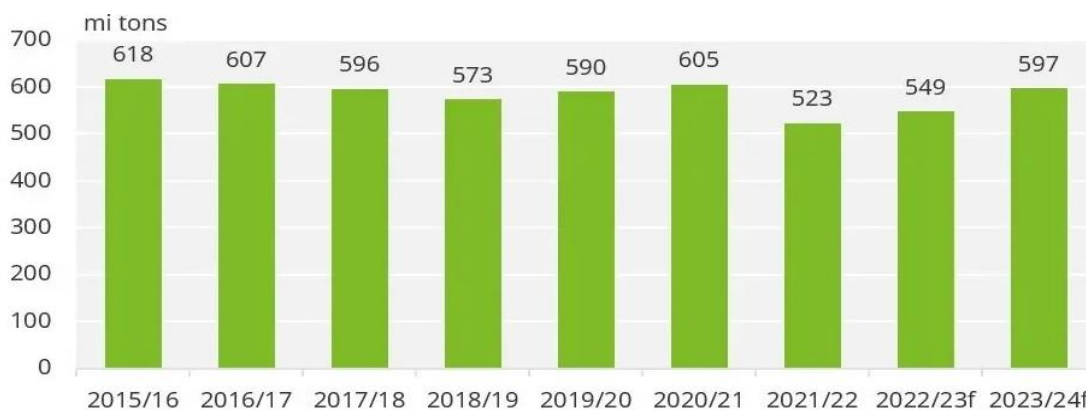
2.1 CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) possui grande importância econômica para o setor sucroenergético, de forma que sua finalidade, evidencia-se na produção de etanol, enquanto para a produção animal o uso é destinado a silagem. Já com relação ao consumo humano, destaca-se a produção de açúcar, cachaça, açúcar mascavo bruto (rapadura) e melado de cana (SANTOS, F et al., 2020).

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas produzidas no mundo, e é cultivada em mais de 100 países. De sua produção, 83% estão concentrados em dez países, incluindo o Brasil, considerado o maior produtor mundial desta cultura, com cerca de 37% da produção, que representa 746 milhões de toneladas por ano (FAO, 2021). Atrelado à adoção de tecnologias de produção e processamento considerado os mais modernos e eficientes do mundo. Além do açúcar e do etanol, a cana-de-açúcar também ganhou importância em setores como bioeletricidade e biopolímeros, com a produção de plásticos biodegradáveis (CANÇADO et al., 2021).

A produção de cana-de-açúcar no ciclo 2022/23 foi superior 5,4% ocupando uma área equivalente a 8.288,9 mil ha, quando comparada a safra 2021/22 (CONAB, 2023). Em comparativo feito pela consultoria Czarnikow Group Limited, a safra 2022/2023 teria moagem de aproximadamente 549 milhões de toneladas. Enquanto para a safra 2023/2024, o volume deverá chegar a 597 milhões de toneladas de cana moídas (Figura 1), possibilitando a produção de quase 38 milhões de toneladas de açúcar, tendo em vista que safras de anos anteriores foram maiores, observa-se que, a cultura tem grande potencial de expansão e produtividade otimizando a área de produção (GRILLI, 2023).

Figura 1. Comparativo e estimativa da moagem de cana-de-açúcar em 9 safras.



Fonte: Czarnikow Group Limited, 2023.

2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma grande planta herbácea perene cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo também uma das culturas mais eficientes na conversão de energia da luz solar em energia química, apresentando maior desenvolvimento em regiões mais quentes (WEN et al., 2016). Os atuais cultivares são híbridos interespecíficos. É uma planta C4 com elevada capacidade fotossintética, requerendo concentrações menores de CO₂ para seu metabolismo (BUSO, 2013).

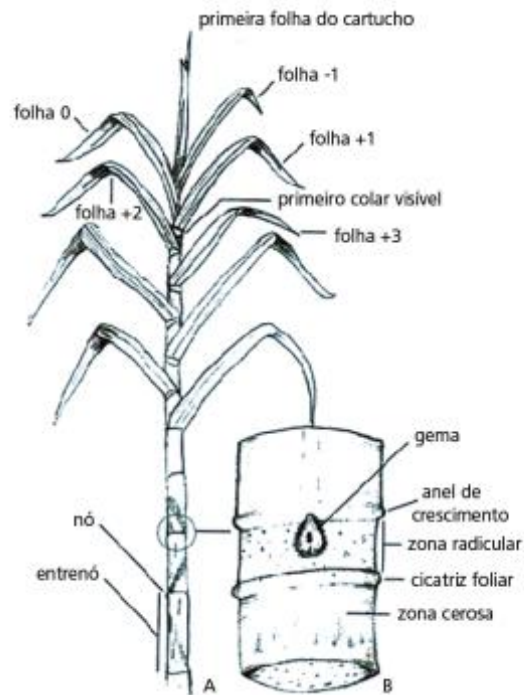
A cana se desenvolve em forma de touceira e sua parte aérea é composta por colmos, folhas e inflorescências (panículas) e a parte subterrânea é formada por raízes e rizomas ricos em reservas nutritivas. As raízes são fasciculadas e podem chegar até 4 metros de profundidade, o colmo é provido de nós e entrenós, o nó é onde se encontram as gemas e anéis de crescimento da planta (VILAR, 2021a).

A cultura se propaga vegetativamente usando os próprios colmos, que possuem gemas laterais capazes de formar novas plantas, apresentando nós bem marcados e entrenós distintos. O caule também é responsável por sustentar as folhas e inflorescência, as folhas da cana-de-açúcar são consideradas completas, pois apresentam lâmina foliar, bainha e colar. Estas são ordenadas através de um sistema de numeração (Figura 2) idealizado por Kuijper (VAN DILLEWIJN, 1952) visando auxiliar nos estudos de crescimento e de nutrição da planta (MARAFON, 2012).

Como o plantio da cana-de-açúcar ocorre através da propagação vegetativa dos seus próprios colmos, observa-se que este ciclo pode durar entre 12 ou 18 meses e é denominado de ciclo de cana-planta, o processo que se inicia após o plantio do tolete, em que ocorre a brotação e a cana-de-açúcar vegeta ininterruptamente até a fase final de desenvolvimento vegetativo, e logo em seguida ocorre a interrupção deste crescimento e então a planta passa a concentrar açúcar no colmo, processo este denominado como maturação (SILVA, L., 2019).

Ainda de acordo com a análise de crescimento realizada por Marafon 2012, o ‘Sistema Juijper’ determina que as folhas são ordenadas, de cima para baixo, onde a folha de inserção mais alta, que se encontra completamente aberta apresentando a primeira aurícula visível, recebe a denominação de folha +1, posteriormente, as que se encontram abaixo dela, recebem sucessivamente, os números +2, +3 e +4 (Figura 2). O conhecimento dessa numeração é importante para poder realizadas as análises de crescimento da planta seguindo os parâmetros morfológicos.

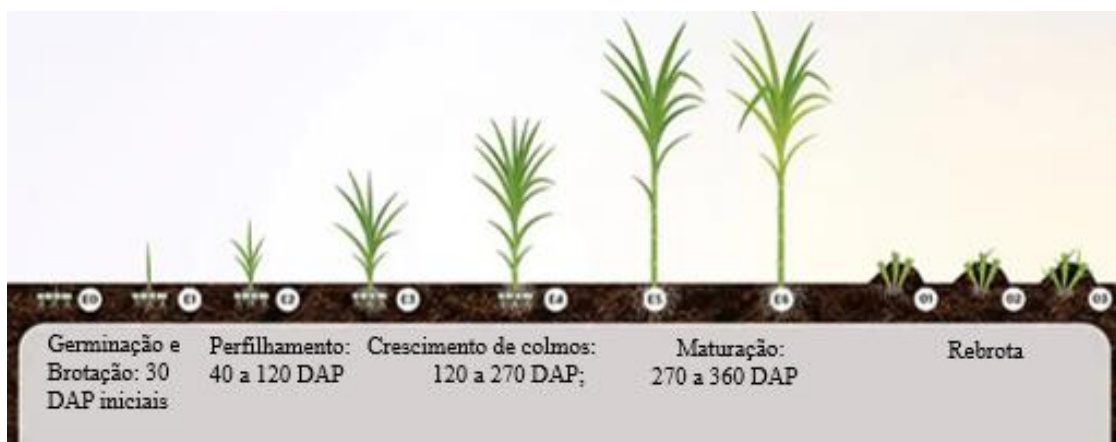
Figura 2. (A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó.



Fonte: Segato, S. V. et al, 2006.

O conhecimento sobre a fenologia da cana-de-açúcar (Figura 3), possibilita identificar as relações e a influência dos fatores envolvidos no processo de produção, o que favorece a previsão de problemas, a tomada de decisão e o manejo de adubação correto, seguindo as janelas fisiológicas ideais do desenvolvimento da cultura (MARIN, 2022b).

Figura 3. Estágios fenológicos da cana-de-açúcar.



Fonte: Adaptado de Sobrinho et al., 2019.

Após a primeira colheita, a cultura realiza uma rebrota que é chamada de soca, que dura o equivalente ao primeiro ciclo, os fatores ambientais que afetam o ciclo da cana-planta, também afetam o ciclo das soqueiras, desta forma é importante a adequação do manejo, com o suprimento de nutrientes e água. As rebrotas da cana podem ocorrer por cerca de 4 a 5 cortes quando então é indicada a renovação do canavial (VILAR, 2021b).

A cana-de-açúcar apresenta menos estádios fenológicos quando comparado a outras culturas, devido principalmente ao seu teor de sacarose armazenado nos colmos (MANHÃES et al., 2015). Suas fases correspondem a: Germinação e brotação que corresponde a fase marcada até os 30 primeiros dias após plantio (DAP); Perfilhamento, que ocorre normalmente entre 40 e 120 DAP; Crescimento de colmos, onde há o crescimento sucessivo de folhas, necessitando de grande quantidade de luz, ocorre por volta do 120 a 270 DAP e a fase de maturação que equivale a fase mais longa, podendo durar até 6 meses (270 e 360 DAP), ocorrendo o máximo acúmulo de sacarose (DUARTE, 2020a).

2.3 CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

O cultivo comercial de cana-de-açúcar é trabalhoso e demorado, desde o cruzamento até o lançamento de uma nova variedade (FICKETT et al., 2020). O principal objetivo no melhoramento de *Saccharum Officinarum* L. é a obtenção de variedades que detenham atributos positivos, tanto no âmbito agrônomo, como no industrial. Dessa forma, tem-se o foco na seleção de caracteres para maior produção de açúcar ou teor de sólidos solúveis totais (PEDROZO et al., 2009).

O avanço da genética propiciou o desenvolvimento de novas variedades pelos programas de melhoramento genético, possibilitando o manejo varietal. De forma que, é possível ser feita a substituição de uma variedade por outra, que apresente características de adaptação e produtividade melhores, podendo gerar ganhos altamente significativos (SILVA, F et al., 2015).

Os cultivares de cana-de-açúcar são classificados quanto a maturação em, cultivares precoces que são aqueles que atingem a maturação no início da safra, cultivares médios, que atingem maturação em meio de safra e as cultivares tardias, que apresentam elevado teor de sacarose no final da safra (SILVA, J., e SILVA, M., 2016). A associação de variedades com ciclos distintos possibilita a disponibilidade de cana de boa qualidade durante todo o período de colheita.

2.3.1 Variedade RB867515

A variedade RB867515 gerada e selecionada pelos melhoristas do Planalsucar, é uma das variedades mais cultivadas no Brasil. Resultado de um policruzamento, em que teve como genitora feminina a RB72454, fecundada com pólen de diversas outras variedades, o que impossibilitou especificar a variedade “pai” (OLIVEIRA, R; BARBOSA; DAROS, 2021).

Em suas características morfológicas, apresenta hábito de crescimento ereto, perfilhamento médio e alta uniformidade. Com relação às características agroindustriais a variedade apresenta melhor desempenho em solos de textura arenosa e de baixa fertilidade natural, demonstrando alta produtividade de sacarose. Além disso, ela possui boa capacidade de brotação e tolerância a seca (OLIVEIRA, R; BARBOSA; DAROS, 2021).

Analisando os padrões de crescimento e produção da cana-planta e da cana-soca, Bernardes et al., (2022) observou que a variedade RB867515 apresentou maior adaptação as condições climáticas e melhor desempenho no que se refere a perfilhamento, altura e diâmetro, evidenciando que mesmo com o passar dos anos a variedade ainda mantém suas características morfológicas.

2.3.2 Variedade RB041443

No que se refere a variedade RB041443 em seus aspectos gerais é observado o crescimento rápido e ereto, intensidade de perfilhamento médio, uma produtividade agrícola alta bem como o teor de sacarose. Essa variedade é recomendada para plantio em sequeiro devido a sua média restrição a ambientes de produção (OLIVEIRA, R; BARBOSA; DAROS, 2021).

Ademais, ainda de acordo com Oliveira, Barbosa, Daros (2021) essa variedade possui boa adaptabilidade e estabilidade, uma boa brotação de socaria e fechamento de linhas, além de apresentar resistência às ferrugens. Por isso, é uma variedade com excelente potencial para colheita em início de safra, devido a sua precocidade.

O clone RB041443 desenvolvido pela RIDESA em experimentações realizadas nos estados da Paraíba e Pernambuco, é uma aposta promissora devido os resultados entusiasmantes, apresentando indicadores industriais (TPH, TCH, PCC e ATR), superiores a variedade RB92579, a segunda mais plantada do Brasil (AGROTECNICO, 2021).

Deve-se atentar que, a variedade RB041443 apresenta características de interesse para região Nordeste (SOUZA, 2019). Destacando-se na safra 2022/2023 como a segunda variedade mais plantada na Paraíba e a terceira mais colhida, perdendo apenas para a

RB867515 e RB92579 segunda e primeira mais colhidas, de acordo com o Censo Varietal idealizado pela RIDESA-PE (SIMÕES NETO, 2023). Por ser um clone promissor, a variedade RB041443 vem se destacando no Nordeste, alcançando posições elevadas e bons resultados de produtividade.

2.4 ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

O manejo das adubações é uma estratégia eficiente para prolongar a vida útil dos canaviais, pois o adubo é um instrumento fundamental para garantir o rendimento e longevidade, permitindo de forma sustentável e econômica, o maior número de ciclos de cortes e rebrotas da cana (MOSAIC, 2022a). Este manejo é crucial, devido a maioria dos solos brasileiros apresentarem limitações sérias de fertilidade, logo, a adubação é peça chave na busca da melhoria das propriedades físico-químicas do solo, bem como, a calagem, gessagem, e adubação verde (MALAVOLTA, 1980; VAN RAIJ, 1991).

Visando altos rendimentos de colmos durante o ciclo de cana-planta e baixo decréscimo de produtividade no rendimento das socarias, é necessário executar medidas para aumentar a fertilidade do solo, por meio da adubação e nutrição ideal, potencializando a produtividade da cultura (OLIVEIRA, M et al., 2018). A eficácia da adubação está relacionada a diversos fatores, como à época de aplicação, idade do canavial, pluviosidade, modo de aplicação e comportamento do nutriente, tanto no solo quanto na planta (DUARTE, 2020b).

2.4.1 Adubação de plantio e cobertura

A adubação que antecede o plantio, conhecida como adubação de fundação, é baseada no fornecimento de nutrientes ao solo, propiciando a reposição de nutrientes e gerando um ambiente propício para o desenvolvimento radicular da planta. A adubação de fundo de sulco é realizada via solo ou tolete de forma efetiva, tendo como base a necessidade da cultura, a época e local de aplicação, sobretudo, calculada com base na análise química do solo, baseada na quantidade de nutrientes presentes no solo e as quantidades requeridas visando a produtividade esperada da cultura para a safra (GIORGENON, 2019).

Por ser um fator determinante da produtividade, deve ser levado em consideração as formas de disponibilização dos nutrientes e sua absorção a depender do ciclo da cultura, como é o caso da cana-planta, que requer maior quantidade de adubação com fósforo e potássio e menor quantidade de nitrogênio em seu ciclo, enquanto para a cana-soca se faz necessário a

adubação com elevados teores de N e K seguida de uma baixa necessidade de P (PRADELA, 2021).

O fósforo por ser um dos nutrientes bem disponibilizado para a cana-de-açúcar via sulco de plantio, é requerido em doses altas de aplicação por meio de fertilizantes fosfatados, devido a maioria dos solos apresentarem baixa disponibilidade de P. O fornecimento deste em profundidade, permite melhor absorção pela raiz, trazendo bom retorno em produtividade do canavial, refletindo em maior altura e perfilhamento de plantas (REIN et al., 2016).

O parcelamento da adubação com N e K é fundamental para o melhor aproveitamento desses nutrientes, sendo fornecidos em épocas fisiológicas em que a cana consegue absorver em maior quantidade revertendo em crescimento e melhora de sua estrutura. O fornecimento de Nitrogênio para cana-de-açúcar, ocorre comumente pelo adubo nitrogenado ureia, sendo ideal uma baixa quantidade em plantio e o restante parcelado em cobertura com maior dosagem (FLORIANO, 2022).

Da mesma maneira, o potássio, onde sua fonte comercial de adubação mais usada é o cloreto de Potássio, sendo um nutriente indicado para aplicação também de forma parcelada, com parte do produto no sulco de plantio e a outra parcela colocada na adubação de cobertura, antes do fechamento do canavial (VIDOTTI, 2021).

Além destes fertilizantes minerais, outras fontes de nutrientes que são aplicados via fundo de sulco podem disponibilizar diversos nutrientes ao solo e planta, como é o caso da torta de filtro, bioestimulantes, pó de rocha, produtos biológicos, dentre outros meios que buscam sobretudo, incremento de produção (FLORIANO, 2022).

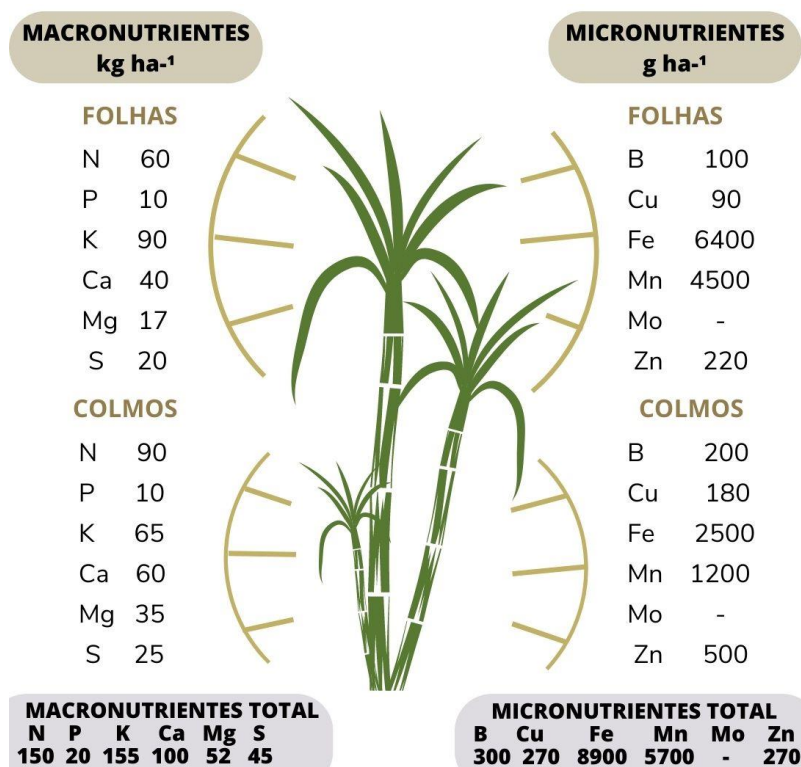
2.4.2 Macro e micronutrientes na cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar extrai grandes quantidades de nutrientes do solo e os acumula devido a sua elevada produção de massa, ademais, também absorve quantidades significativas de nutrientes via folha, logo, a planta requer um fornecimento adequado e equilibrado dos macros e micronutrientes, pois estes desempenham funções vitais ao seu metabolismo (OLIVEIRA, M et al., 2018).

Discutindo sobre as principais tecnologias de nutrição de plantas e fertilidade do solo na produção de cana-de-açúcar, Oliveira, M et al., (2018), constataram que para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, correspondendo a cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas deve ser de em média 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

No caso dos micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B, os acúmulos na biomassa da parte aérea, também para uma produção de 120 t, estão em torno de 8,0, 3,0, 0,6, 0,4 e 0,3 gramas, respectivamente, esse esquema pode ser observado na Figura 4.

Figura 4. Extração e exportação de macros e micronutrientes para a produção de 100 toneladas de colmos por hectare.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Mello Prado (2021).

Levando em consideração a produtividade esperada com o ciclo da cultura, podemos determinar a exigência de nutrientes, tendo em vista que na cana-planta, a extração de nutrientes, por exemplo, é maior que na cana-soca. No que diz respeito a absorção de nitrogênio, a cana-planta consegue se beneficiar da mineralização do N orgânico do solo, enquanto, a cana-soca demanda de fertilizantes nitrogenado em maior quantidade para chegar a mesma produtividade. Além disso, algumas variedades também esboçam diferenças no uso de nutrientes, de acordo com suas necessidades (YARA BRASIL, 2020).

A atuação dos macros e micronutrientes na cana-de-açúcar acontece diretamente em seu ciclo vegetal, agindo nas funções estruturais e em fatores enzimáticos da planta. No que diz respeito a ação dos macronutrientes N,P,K na estrutura da planta, diz-se que, o nitrogênio atua na estrutura da planta, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, o fósforo age no fornecimento de energia pelos chamados ATPs e é primordial na estimulação

do crescimento e formação do sistema radicular no início do desenvolvimento da planta e o potássio apresenta como sua principal função a ativação enzimática, estimulação da vegetação e perfilhamento, controle e fechamento estomático, além de promover o armazenamento de açúcar e amido no colmo (DUARTE, 2021).

Os macronutrientes secundários Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), também exercem funções importantes na planta. Por sua vez, o cálcio é responsável pela rigidez das plantas, bem como o desenvolvimento e funcionamento das raízes, formação de folhas e a translocação e armazenamento de carboidratos e proteínas. O magnésio tem papel principal no processo da fotossíntese, participa de processos ligados à síntese de amido, proteína, gorduras e vitaminas. E o enxofre está relacionado à produção de proteínas que auxiliam o crescimento das plantas, além de proporcionar resistência ao frio e ao ataque de microrganismos patogênicos, também exerce função no crescimento de raízes vigorosas (MOSAIC, 2019a).

No que se refere as funções dos micronutrientes na cultura, observa-se que o Boro (B) atua diretamente na maturação e diferenciação celular, propiciando a translocação e acúmulo de açúcares no colmo. O Cobre (Cu) pode atuar como fungicida ou bactericida a depender da fonte e dosagem usada, tendo ação direta em várias enzimas, o Manganês (Mn) age na ativação de enzimas, na formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos e na síntese da clorofila na planta, o Molibdênio (Mo) está relacionado com o metabolismo e fixação biológica do N e o Zinco (Zn) afeta diretamente o perfilhamento e o crescimento da cana-de-açúcar, pois este é responsável pelo alongamento celular (ANDRADE, R 2021).

2.4.3 Adubação foliar

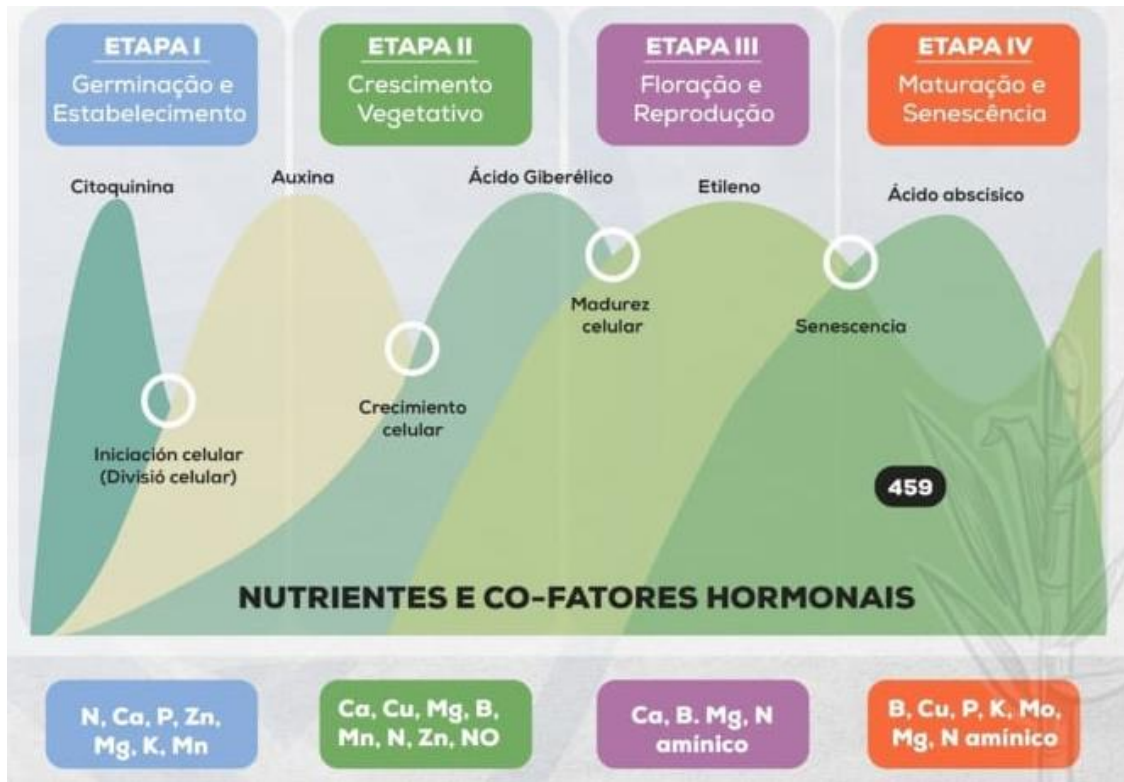
A adubação foliar é uma forma complementar de fornecer nutrientes às plantas através da assimilação pelas folhas, por meio da absorção passiva ou ativa, sendo um dos principais benefícios a disponibilidade de nutrientes estratégicos para o acúmulo de biomassa em épocas de maior crescimento da cultura (AGROLINK, 2022).

Alguns nutrientes possuem maior eficiência de absorção foliar em relação à absorção via solo, como é o caso do magnésio, boro e potássio, essa assimilação promove um maior retorno em TCH e ATR devido à via em que o fertilizante foi aplicado (HERVATIN, 2018).

A absorção foliar ocorre por meio da abertura dos estômatos, estruturas responsáveis pela respiração da planta. Para melhor absorção dos nutrientes e hormônios vegetais a aplicação deve ser realizada em estádios fenológicos específicos ou em situações específicas

de deficiência nutricional (Figura 5), portanto é necessário conhecer as exigências nutricionais e processos fisiológicos que acontecem na planta (MOURA e MARQUES, 2021).

Figura 5. Ciclo hormonal e demanda de nutrientes na fenologia da cana-de-açúcar.

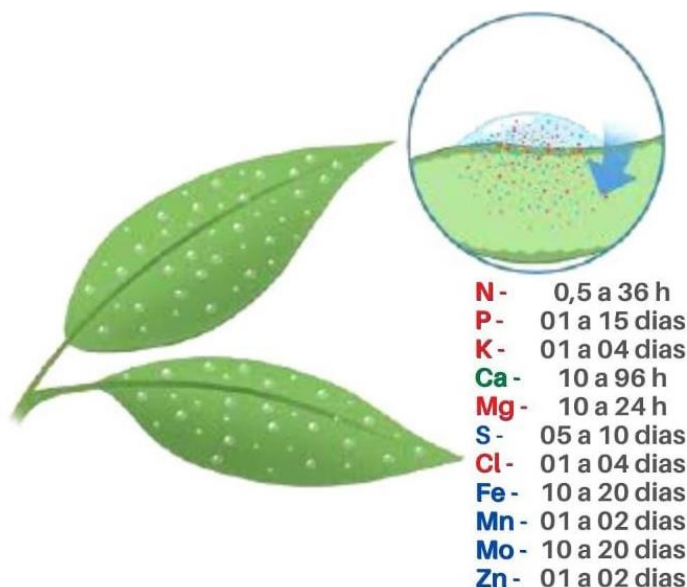


Fonte: Crusciol, 2020.

A adubação foliar não substitui a adubação convencional via solo, agindo de maneira complementar, sendo fundamental em períodos específicos ou críticos da planta, onde haja a necessidade nutricional imediata ou quando as condições do solo restringem a disponibilidade de alguns nutrientes específicos para o desenvolvimento (YARA BRASIL, 2020).

Essa forma de disponibilização dos nutrientes à planta é mais rápida e eficaz, quando comparada à adubação via solo. Entretanto, a absorção pelas folhas é bastante limitada devido barreiras fisiológicas da própria planta, ademais a velocidade de absorção dos nutrientes varia (Figura 6). Alguns são absorvidos em horas e outros passam dias para poderem ser absorvidos, não sendo interessante sua aplicação via folha devido esse fator (AGROLINK, 2022).

Figura 6. Tempo necessário para a absorção de 50% dos nutrientes aplicados via foliar.



Fonte: Malavolta, 1980.

A aplicação de nutrientes via folha, durante os períodos de demanda maior das plantas, possibilita o aumento da produção, podendo suprir a falta de um ou mais micro e macro nutrientes, atuando na correção de deficiências, fortalecendo colheitas, aumentando a velocidade e qualidade de crescimento das plantas (MOCELLIN, 2004). Outro benefício envolve a possibilidade da aplicação de micronutrientes junto com defensivos agrícolas (DE MELLO PRADO, 2021). Além de que, a nutrição foliar atua na melhora do balanço nutricional da planta, impactando diretamente na produção e acúmulo de açúcares na época de maturação da cana (HERVETIN, 2018).

Para a melhor absorção dos adubos foliares, é interessante que a aplicação ocorra na época das chuvas, que na maioria das regiões coincide com os meses de outubro a janeiro. Outro fator primordial é que a cultura apresente 50 a 60% do seu desenvolvimento vegetativo para receber a aplicação foliar (VALE, 2014).

Aspectos como temperatura e umidade relativa do ar, também são cruciais, devido as condições favoráveis para adubação foliar serem pela manhã e fim da tarde. Deve-se atentar a umidade relativa alta e temperaturas amenas, pois favorecem a absorção foliar. E o fator luz, pois maioria das plantas abre seus estômatos na luz e fecha no escuro. (OLIVEIRA, J 2021).

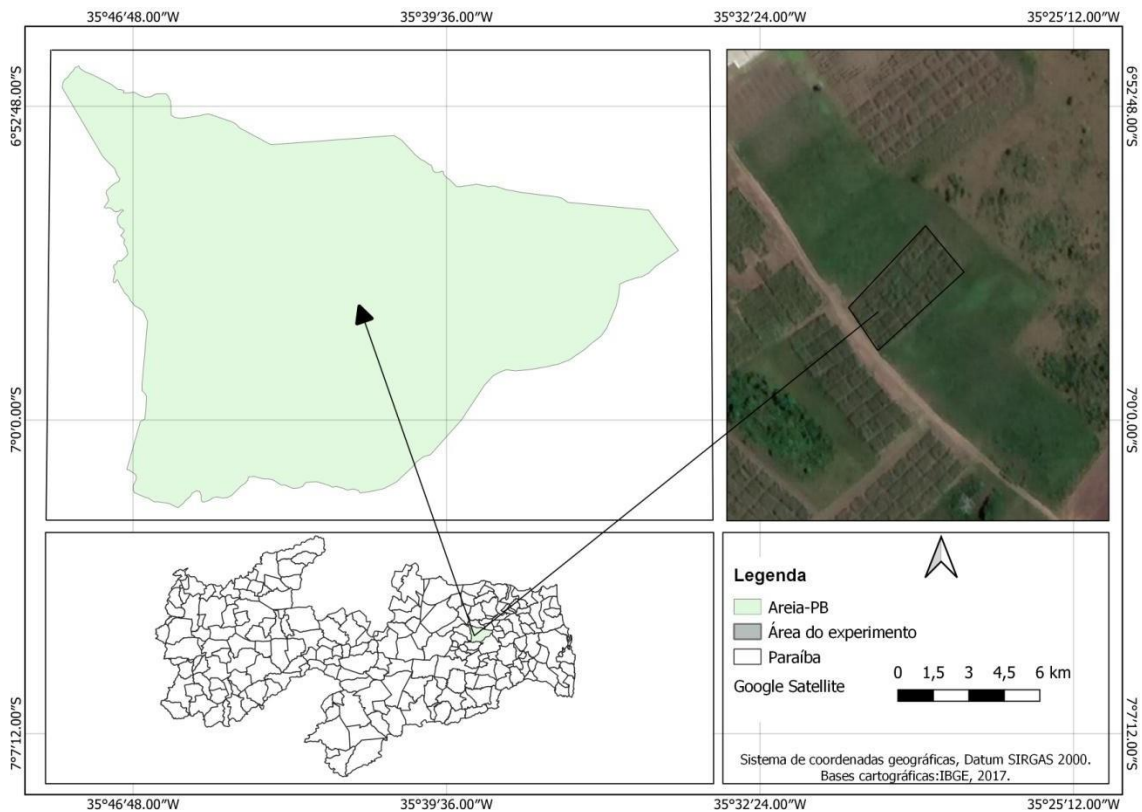
Ademais, vários estudos indicam uma maior absorção foliar dos fertilizantes em folhas mais novas, devido a maior atividade metabólica. Entretanto, o uso dos fertilizantes foliares se faz necessário em caso de deficiências e de maior exigência da cultura (BUENO, 2020). O melhor horário de aplicação enquadra-se no início da manhã e no final da tarde, pois as condições ambientais são mais amenas.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba no município de Areia-PB (Figura 7), localizado na porção Norte do Planalto da Borborema possuindo latitude $6^{\circ} 58' 15''$ S, longitude $35^{\circ} 43' 59''$ W e altitude média de 618 metros inserido na microrregião do Brejo Paraibano.

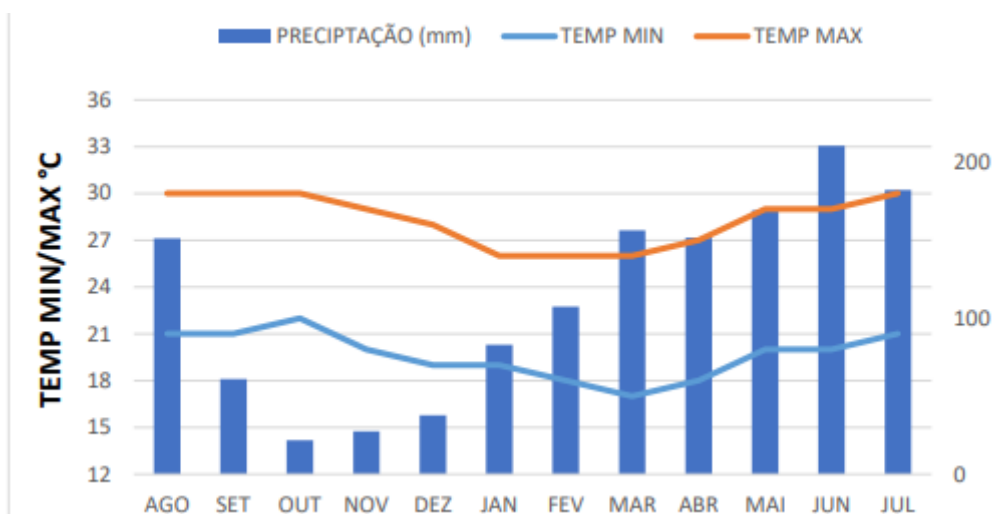
Figura 7: Mapa de localização da fazenda experimental Chã-de-Jardim, na cidade Areia- PB.



Fonte: Azevedo, 2021.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo As' que se traduz como sendo quente e úmido com chuvas de inverno e outono (LIMA, P 2019). A precipitação pluviométrica média anual é de 1.200 mm e a temperatura média oscila entre 24 e 25° C (Figura 8), enquanto a umidade relativa do ar encontra-se em cerca de 80% (OLIVEIRA, Ademar et al., 2007; GUEDES FILHO, 2013) e a insolação média anual do município é equivalente a 6 horas/dia (FRANCISCO et al., 2016).

Figura 8: Médias de precipitação pluviométrica e de temperatura, na cidade de Areia- PB durante o decorrer do experimento (AGO/2020 até JUL/2021).



Fonte: INMET, 2021.

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 2x4 o primeiro fator foi constituído por dois genótipos de cana-de-açúcar (RB867515 e RB041443) e o outro fator correspondeu a quatro épocas de aplicação dos adubos foliares (90+120 DAP; 90+150 DAP; 120+180 DAP e 90+200DAP) acrescido da testemunha absoluta, sem a aplicação dos produtos para ambos os genótipos (Tabela 1), contendo assim 10 tratamentos com quatro repetições e um total de 40 unidades experimentais.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos adotados no experimento.

Denominação do Tratamento	Época de aplicação foliar
T1 - RB867515	90 + 120 DAP
T2 - RB867515	90 + 150 DAP
T3 - RB867515	120 + 180 DAP
T4 - RB867515	90 + 200 DAP
T5- RB867515 (Testemunha)	Sem aplicação
T6 - RB041443	90 + 120 DAP
T7 - RB041443	90 + 150 DAP
T8 - RB041443	120 + 180 DAP
T9 - RB041443	90 + 200 DAP
T10 - RB041443 (Testemunha)	Sem aplicação

Em todos os tratamentos que receberam a adubação com os fertilizantes, foi feita a aplicação no fundo de sulco, integralmente no dia do plantio, sendo pulverizados sob os toletes, seguindo o protocolo de recomendação da empresa. Já as doses dos fertilizantes foliares foram parceladas em duas aplicações, que ocorreram conforme descrito na tabela acima.

Nos tratamentos T4 e T9, onde as épocas de aplicação foram 90 + 200 DAP respectivamente, após a primeira aplicação aos 90 DAP, foi realizado o monitoramento da folha +1, visando determinar em qual momento a mesma secava completamente para assim realizar a segunda aplicação foliar, sendo este período próximo a 200 dias após plantio. O monitoramento desse período foi uma recomendação da empresa fornecedora dos produtos e teve como base determinar uma janela fisiológica alternativa para entrada máxima com a aplicação foliar dos fertilizantes.

Os fertilizantes aplicados via pulverização dos toletes em fundo de sulco no dia do plantio foram o Molibdato de Potássio + Aminoácido complexo de nutrientes + Complexo Nutricional e, os aplicados via foliar foram o Molibdato de Potássio + Fertilizante Mineral + Nitrogênio líquido (nitríco, amídico e amoniacal) + complexo de nutrientes + ácido bórico. A composição destes produtos é observada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química dos produtos usados no experimento.

PRODUTOS	N	K ₂ O	COT	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	%								
Molibdato de Potássio	-	12	-	-	-	-	-	14	-
Aminoácido complexo de nutrientes	9,0	3,0	11,5	-	-	-	-	-	-
Complexo Nutricional	-	1,0	-	13,8	3,0	5,0	13,1	-	7,8
Fertilizante Mineral	-	1,0	-	11,2	4,0	1,5	9,8	2,0	10
Nitrogênio Líquido (nitríco, amídico e amoniacal)	32	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido Bórico	-	1,0	-	-	16,40	-	-	-	-
TOTAL	41	18	11,5	25	23,40	6,5	22,9	16	17,8

K₂O = óxido de potássio; COT = Carbono orgânico.

Fonte: Laboratório da empresa UBY AGROQUÍMICA LTDA. (2020).

As doses dos produtos destinados a aplicação em fundo de sulco e via foliar para as 32 parcelas do experimento estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Doses de aplicação dos produtos adequados ao tamanho do experimento.

PRODUTOS	Fundo de sulco	Aplicação foliar	
		Primeira	Segunda
Molibdato de Potássio	38 ml	23 ml	23 ml
Aminoácido complexo de nutrientes	75 ml	38 ml	38 ml
Complexo Nutricional	225 g	-	-
Fertilizante Mineral	-	75 g	75 g
Nitrogênio Líquido	-	150 ml	150 ml
Ácido Bórico	-	38 g	38 g

Fonte: Laboratório da empresa UBY AGROQUÍMICA LTDA. (2020).

Os produtos foram aplicados de forma manual através de pulverizador costal com 20 litros de capacidade a partir das 16 horas, sendo este o horário recomendado para reduzir perdas, e a aplicação foi feita seguindo as recomendações técnicas da empresa. Cada parcela do experimento constituiu-se por 4 sulcos de 6,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 1,2 m e entre parcela de 1,50 m. A área útil foram as duas linhas centrais da parcela desprezando-se 0,5 m em cada extremidade, totalizando em 21,4 m² por parcela e resultando em uma área de 85,6 m² por tratamento, ocupando uma área total do experimento de 856 m².

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em cana-planta, ou seja, em seu primeiro ano de cultivo, entre os meses de julho de 2020 e agosto de 2021. Usou-se para a instalação do experimento uma área que era composta por vegetação nativa, antes da instalação foi realizada a capina e gradagem da área, seguida da amostragem de solo para recomendação da calagem, que se sucedeu com a aplicação de 100 kg de calcário dolomítico, distribuído uniformemente e incorporados no solo.

Após o preparo convencional do solo, foi realizada a abertura dos sulcos com 20 cm de profundidade espaçados a cada 1,2 m para distribuição dos rebolos e o plantio foi conduzido no dia 10 de julho de 2020. As variedades de cana-de-açúcar utilizadas foram a RB867515 e RB041443, fornecidas pela Associação de Plantadores de Cana da Paraíba

(ASPLAN). Foi procedida previamente a adubação de fundação nos sulcos das 40 parcelas experimentais com fontes de NPK de acordo com a análise do solo (Tabela 4), seguindo as recomendações do manual de adubação da Paraíba (UFPB). Também foi feita a pulverização dos toletes com inseticida preventivo de pragas Fipronil na dosagem de 19 g/ha conforme recomendado pela empresa.

Tabela 4 – Caracterização da fertilidade do solo utilizado no experimento.

Ph	M.O	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	SB	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	CTC
H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----
5,9	46,83	1,46	25,26	3,69	2,04	0,07	5,86	4,50	0,00	10,37

M.O= matéria orgânica; SB= saturação por bases; CTC= capacidade de troca de cátions

Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS, UFPB (2020)

Os dados obtidos por meio da análise de solo seguindo a recomendação de adubação indicaram a necessidade de aplicação no plantio de 30 kg de N ha⁻¹, 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg de K₂O ha⁻¹, supridos através do formulado (MAP) 11-52-00 e da aplicação complementar com KCL. Já na adubação de cobertura foi identificada a necessidade de 70 kg de N ha⁻¹ e 80 kg de K₂O ha⁻¹, parcelados em duas vezes e fornecidos pelo formulado 15-00-26.

O plantio foi conduzido adotando o sistema de cana-de-ano, ou cana de 12 meses. Na distribuição das mudas utilizou-se a densidade média de 14 a 16 gemas por metro de sulco, onde os colmos foram distribuídos de forma homogênea em sistema “pé com ponta” cruzado dentro dos sulcos (TORRES; RESENDE, 1996), efetuando em seguida o corte manual dos colmos em toletes de três gemas. A área foi monitorada, ao longo de todo o período, realizando os tratos culturais e adubações, sempre que necessário.

3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

3.4.1 Componentes de rendimento

No dia 18 de agosto de 2021 aos 402 DAP, ao final do ciclo da cultura, foi realizada a colheita de forma manual cortando-se 4,0 m da parcela sendo 2,0 m em cada linha útil, onde foram feitas as avaliações de rendimento, sendo avaliados os seguintes parâmetros:

3.4.2 Altura de plantas (ALT)

Foi obtida a altura de plantas de cada unidade experimental, de 6 plantas/parcela, sendo mensurados o comprimento da planta da base até a inserção da folha +1. A medição foi feita com o auxílio de uma trena e os dados coletados em metros (TEIXEIRA, C et al., 2011).

3.4.3 Diâmetro médio do colmo (DC)

Foram mensurados, com o uso de paquímetro digital, o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem de três pontos de cada colmo (base, meio e ápice), de 6 plantas/parcela e os dados foram obtidos em centímetros (OLIVEIRA, Anderson et al., 2014).

3.4.4 Número de colmos por metro (NC)

Foram realizadas contagens do número de colmos na área útil dos dois sulcos centrais de cada parcela, calculando-se, posteriormente, o número médio de colmos por metro (AQUINO e MEDINA, 2014).

3.4.5 Número de Entrenós (NE)

Foi mensurado o número de entrenós das 6 plantas da parcela, sendo contado cada entrenó da base do colmo até o início do palmito (OLIVEIRA, Anderson et al., 2014).

3.4.6 Índice de Maturação (IM)

Obtido com uso de um refratômetro de campo para coleta do °Brix, foi determinado por meio da razão do teor de sólidos solúveis do ponteiro/brix da base do colmo (APICAL/BASAL), das 6 plantas marcadas na parcela.

Sendo estes dados analisados de acordo com o parâmetro de avaliação da maturidade indicados por Rosseto (2022) em que estabelece a relação entre IM e estádios de maturação. De forma que os seguintes valores sejam determinantes:

IM < 0,60 – cana verde;

IM entre 0,60 e 0,85 – cana em maturação;

IM entre 0,85 e 1 – cana madura;

IM > 1,00 – cana em declínio de maturação – inversão da sacarose

3.4.7 Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Foi conduzido utilizando o refratômetro de campo, em 6 plantas por parcela onde em cada planta foi extraído o teor de sólidos solúveis em dois pontos (basal e apical), em seguida foi realizada a média desses valores, resultando no °Brix da planta (CONSECANA, 2006).

3.4.8 Toneladas de Cana por Hectare (TCH)

A produtividade da cana-de-açúcar expressa em tonelada de cana por hectare (TCH) foi determinada com o auxílio de uma balança industrial, onde foi realizada a pesagem das

plantas presentes na área útil das parcelas e os valores foram adquiridos em quilogramas (kg), posteriormente aplicados na equação descrita abaixo, seguindo a metodologia determinada por Mariotti e Lascano (1969) citada por Arizono et al., (1998).

$$\text{Equação 1: } TCH = \frac{MTP}{AUP} \times 10$$

Onde: TCH é tonelada de cana por hectare; MTP é a massa total da parcela (kg); AUP é a área útil da parcela (m²).

3.4.9 Análise de Viabilidade econômica

Para auxiliar na interpretação dos resultados obtidos, foi efetuada uma análise de viabilidade econômica, calculando-se o retorno financeiro com a aplicação dos tratamentos em relação ao tratamento controle. Para isso, foi primeiramente calculado a diferença de produção existentes entre os tratamentos e a testemunha também foram considerados o investimento com os custos de plantio para implantação de um hectare de cana-de-açúcar em sequeiro, conforme tabela 5.

Tabela 5. Custo médio de produção para implantação de um canavial em sequeiro no Estado da Paraíba, 2023.

Atividades (área controle)	Convencional	Com adubação complementar (solo/folha)
A – Operações mecanizadas para preparo do solo (dessecação, gradagem, abertura de sulcos etc.)		R\$
Total das operações mecanizadas	935,00	935,00
B – Operações manuais de plantio (com trabalhador braçal temporário: corte e semeio, adubação de fundação, cobertura manual etc.)		+ aplicação dos adubos no fundo de sulco
Total das operações de plantio	920,00	1.140,00
C – Insumos (sementes, adubos, corretivos etc.)		+ fertilizantes comerciais
Total de insumos	6.752,50	7.134,00
D – Tratos Culturais manuais e mecânicos (adubação de cobertura, aplicação de herbicidas, capinas etc.)		+ aplicações foliares dos adubos
Total dos tratos	800,00	1.020,00
Total cana-planta - COE (A+B+C+D)	9.407,5	10.229,00

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da ASPLAN, 2023.

Tendo a base de custo de investimento para implantação do canavial, foram calculados os valores da diferença de produção (DP) obtidos através da subtração dos valores de TCH obtidos nos tratamentos pelo encontrado na testemunha, esses números encontrados foram multiplicados pelos valores atuais de toneladas de cana por hectare (TCH) que estava no valor de R\$ 186,10 referente a maio de 2023 (ASPLAN, 2023) e após multiplicados (equação 1) foram encontrados a viabilidade econômica (VE) das épocas de aplicação foliar estudadas.

$$VE = DP \times TCH$$

Equação 2.

$$DP = \text{tratamentos} - \text{testemunha}$$

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar a diferença entre os tratamentos, os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com o programa estatístico R® versão 4.2.1. (R CORE TEAM, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis vegetativas e produtivas da cana-de-açúcar está descrito na Tabela 6. As variedades diferiram significativamente entre si para todas as variáveis analisadas, com exceção da altura de plantas. Efeito significativo dos diferentes tratamentos utilizados foi observado para a altura de plantas e TCH. Interação significativa ($p < 0,05$) não foi obtida entre as fontes de variação.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DC), número de perfilhos (NP), número de entrenós (NE), índice de maturação (IM), teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ BRIX) e TCH de duas variedades de cana-de-açúcar (RB041443 e RB867515) submetidas a diferentes épocas de adubação foliares. Areia-Paraíba, 2023.

FV	GL	Quadrado Médio						
		ALT	DC	NP	NE	IM	$^{\circ}$ BRIX	TCH
Bloco	3	0.298	0.044	1.89	7.517	0.038	6.054	190.2
Variedade (V)	1	0.17	0.54*	21.02**	21.491*	0.164**	13.806*	1024.24*
Tratamento (T)	4	0.15*	0.16	1.928	7.558	0.035	1.634	1805.87**
V x T	4	0.014	0.017	0.728	7.072	0.022	1.485	356.3
Resíduo	27	0.042	0.076	1.924	4.179	0.014	2.417	202.55
CV (%)		9.27	11.99	18.94	10.12	13.68	7.98	18.23

**e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV – Fonte de Variação; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade.

De acordo com Magro et al., (2011) características genéticas das variedades definem parâmetros biométricos como o número de colmos, diâmetro, largura de folhas e arquitetura da parte aérea e esses fatores também sofrem influência do clima, manejo e práticas culturais.

Ademais, outra justificativa das variedades terem diferido entre si para todas as variáveis analisadas, está relacionada a curva de extração e acúmulo de nutrientes de ambas serem distintas, o que gerou melhor absorção e aproveitamento produtivo por determinada variedade em diferentes parâmetros de produção agrícola.

A taxa de absorção de nutrientes minerais pelas partes aéreas das plantas possui considerável diferença dentro da mesma espécie (WOJCIK, 2004). De acordo com Benett et al., 2013, a quantidade de nutrientes extraídos e acumulados variam de acordo com a

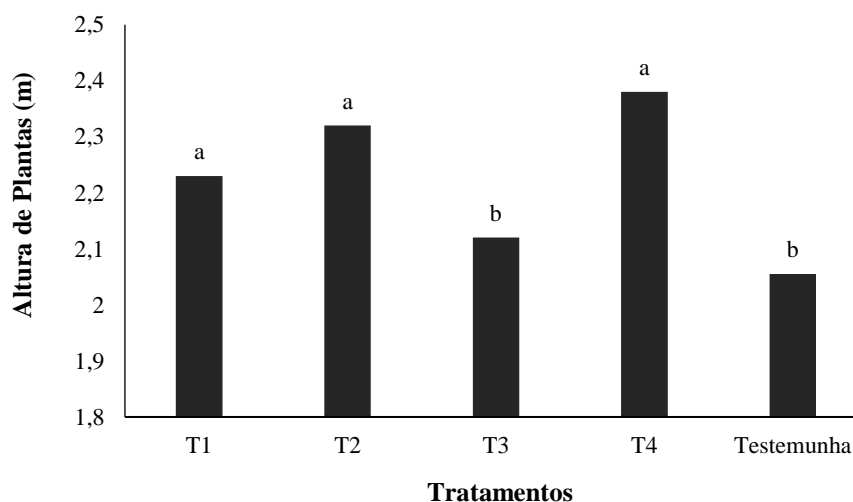
variedade, manejo do solo, ciclo da cultura e disponibilidade dos nutrientes em épocas de maior exigência.

Oliveira, E et al. (2010) estudando a capacidade de extração e exportação de N, P, K, Ca e Mg, assim como, a exigência nutricional para produção de uma tonelada de colmo por hectare em cana-planta de 11 variedades cultivadas na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), Unidade de Pesquisa da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) observou que, a variedade RB867515 apresenta a seguinte ordem decrescente de extração dos nutrientes pela parte aérea: $K > Ca > N > Mg > P$ e exportação para o colmo: $Ca > K > N > Mg > P$.

Já no que diz respeito à RB041443, por ser uma variedade recentemente lançada pelo programa de melhoramento da RIDESA, não se tem dados publicados sobre a curva de extração e absorção de nutrientes pela mesma, mas sabe-se que esta exibe produtividade agrícola alta, sendo uma variedade exigente em nutrientes o que faz com que seja mais responsiva a aplicação de fertilizantes. Sua adaptabilidade e estabilidade fenotípica, assim como, tolerância a ambientes de baixa fertilidade e a solos arenosos conferem destaque para as condições de cultivo no Nordeste (SOUZA, 2019).

Levando em consideração os parâmetros produtivos da cana-de-açúcar, plantas com maior altura ($> 2,20$ m) foram obtidas com os tratamentos T1, T2 e T4. Em contraste, alturas inferiores foram alcançadas com a testemunha e o tratamento T3 (Figura 9).

Figura 9. Altura de plantas de cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023.



Esse melhor desempenho na altura de plantas dos tratamentos T1, T2 e T3 podem estar relacionados a janela fisiológica com que estes tratamentos receberam a primeira adubação foliar, sendo correspondente aos 90 dias após o plantio para ambos, de forma que, aos 90 DAP a cultura se encontra na fase de crescimento inicial dos colmos, apresentando folhas jovens com alta atividade metabólica, maior presença de estômatos na cutícula das folhas e pilosidade, o que possibilita a maior absorção de nutrientes devido a superfície de contato ser maior e conseqüentemente sua capacidade fotossintética (RODRIGUES, 2003).

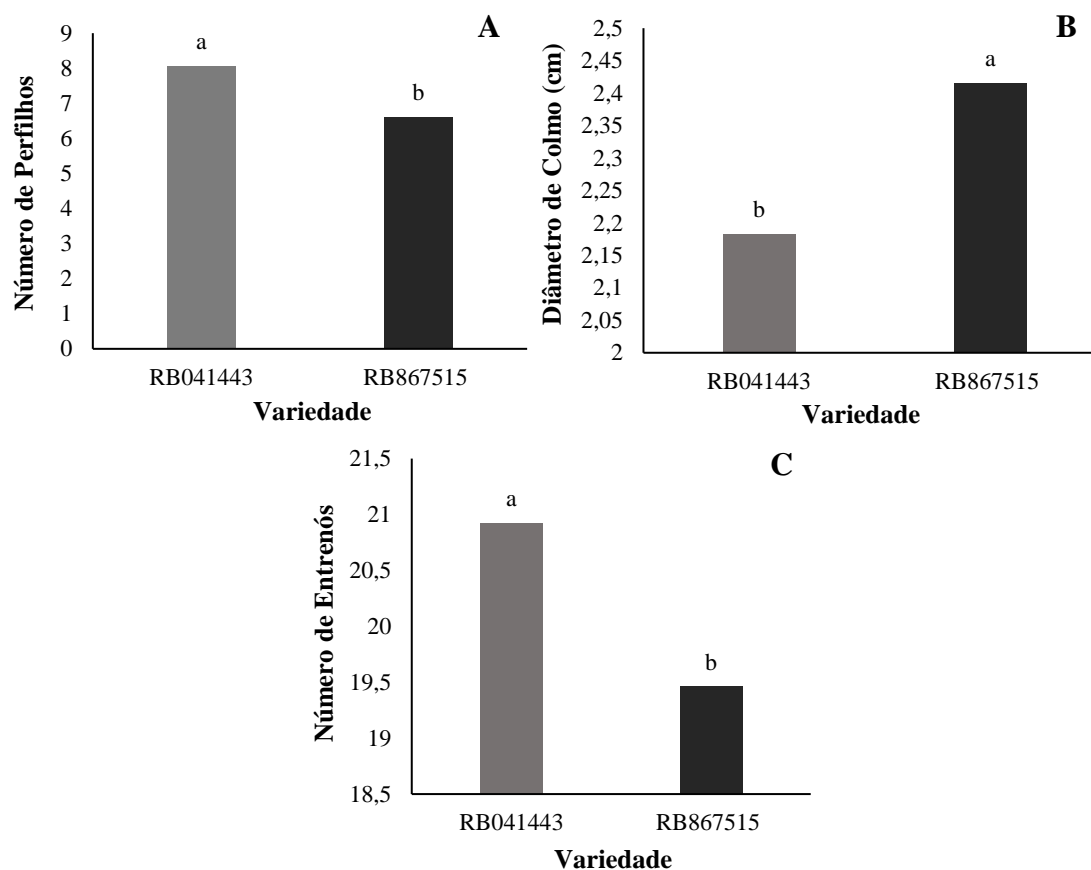
Santos, V (2006) também constatou que o maior crescimento em altura é percebido entre o quarto e oitavo mês, sendo este o período correspondente aos maiores valores de índice de área foliar da cultura. Dentre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento e crescimento dos colmos, destaca-se o macronutriente Nitrogênio e o micronutriente Zinco.

O N é responsável por alongar o comprimento do colmo, fazendo com que a parede celular fique mais delgada (OLIVEIRA, E, 2008). Ademais, as fontes de nitrogênio líquido aplicadas no fundo de sulco e foliar no presente trabalho, possuem alta concentração e na sua formulação são encontradas três formas de N: nítrica, amídica e amoniacal, sendo a absorção do N-amídico mais rápida do que a do N nítrico, que por sua vez supera a do N amoniacal (MALAVOLTA, 1980), o que possibilitou maior disponibilidade do nutriente durante o crescimento e desenvolvimento da planta indicado nas épocas de aplicação dos tratamentos T1, T2 e T3, devido a sua ação no metabolismo da planta.

O micronutriente Zn também se apresenta como essencial para o crescimento dos internódios, pois age no aumento do crescimento do topo da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, o comprimento dos colmos (TEIXEIRA FILHO, 2011). Este elemento foi fornecido a cultura no presente trabalho, por meio de um complexo de micronutrientes aplicados tanto via folha como via solo em fundo de sulco, proporcionando maior taxa de crescimento da planta durante o período vegetativo, atendendo às necessidades nutricionais da cana-de-açúcar na sua fase de maior exigência.

Maior número de perfilhos (Figura 10A) e de entrenós (Figura 10C) foi obtido com a RB041443, com médias de 8,05 e 20,92, respectivamente. Todavia, para o diâmetro de colmo, a RB867515 se sobressaiu, com diâmetro médio de 2,41 cm (Figura 10B).

Figura 10. Número de perfilhos (A), diâmetro do colmo (B) e número de entrenós (C) de variedades cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023.



Um dos fatores que justificam o desenvolvimento superior com relação ao número de perfilhos pela variedade RB041443 são sobretudo, suas características morfológicas que apresentam um bom perfilhamento em cana-planta (OLIVEIRA, R; BARBOSA; DAROS, 2021), enquanto a variedade RB867515 expressa em suas condições vegetativas um perfilhamento médio (LOPES, 2016), sendo esta variável considerada intrínseca da variedade.

Na fase de perfilhamento e crescimento da cana-de-açúcar existe o pico de demanda de nitrogênio, sendo um macronutriente fundamental para estabelecer perfilhos durante a fase inicial da cultura (YARA BRASIL, 2020).

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram encontrados por (DA ROCHA et al., 2022), que ao avaliarem a aplicação de doses de K sobre as características morfológicas de duas variedades de cana-de-açúcar (RB92579 e RB962962), cultivadas em sistema de sequeiro na EECAC/UFRPE, constataram que, doses de K₂O possibilitam o incremento no número de perfilhos de cana-de-açúcar em até 50% com relação ao tratamento controle, devido a maior concentração desse nutriente ocorrer no período inicial da cultura.

O número de entrenós também apresentou diferença significativa, sendo superior na variedade RB041443 (Figura 10C). Andrade, J (2021), em experimento avaliando a eficiência da adubação foliar com solução de N-ureia no desenvolvimento da variedade RB92579,

observou que, as adubações foliares com N promoveram o incremento no número de entrenós, sendo esta adubação foliar parcelada em dois períodos (163 dias após o plantio e aos 195 DAP), coincidindo com o estágio fenológico de crescimento dos colmos, também explorado no presente trabalho.

Leite (2018) ao estudar 15 genótipos de cana-de-açúcar durante o ciclo de cana-planta, buscando identificar os que melhor apresentassem desempenho agrônômico e valor nutritivo para uso na alimentação de bovinos leiteiros, notou que, a variedade RB041443 apresentou número de entrenós de em média 25 por colmo, quando comparada as demais. Assemelhando-se aos valores encontrados neste trabalho, onde a variedade RB041443 obteve um número de entrenós de aproximadamente 21 (Figura 10C).

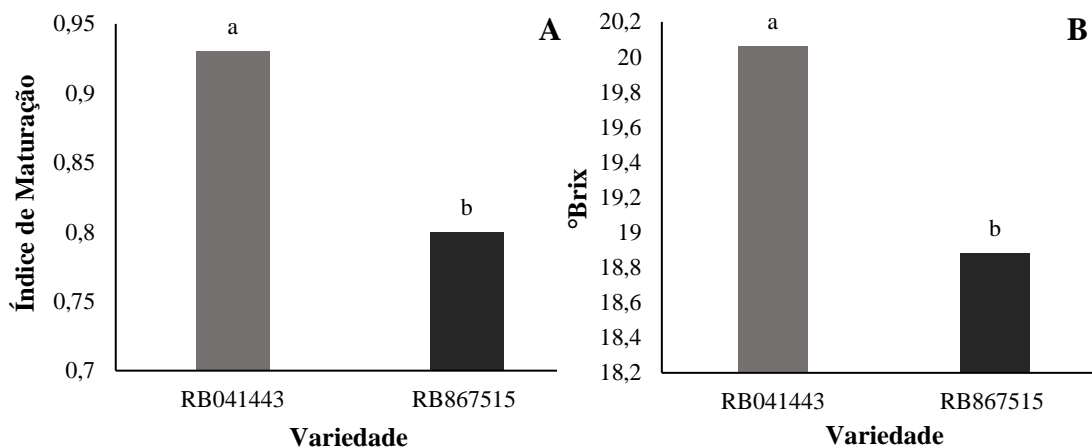
De forma contrária, o diâmetro de colmos na variedade RB867515 correspondente a 2,41 cm, foi superior ao da variedade RB041443 em, aproximadamente, 11% (Figura 10B). Oliveira, E (2008) analisando a dinâmica de nutrientes em 11 variedades de cana-de-açúcar em um Argissolo Amarelo distrófico da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, sob irrigação plena, obteve valores de diâmetro para a RB867515 de 2,65 cm, próximos ao encontrado neste trabalho.

Ainda de acordo com Oliveira, E (2008), esse valor de diâmetro na variedade RB867515 é atribuído ao fator ciclo médio/tardio dessa variedade, o que possibilitou a melhor absorção dos nutrientes necessários para o desenvolvimento do colmo no decorrer da cultura. Além disso, o diâmetro de colmos é um caractere governado geneticamente, porém está sujeito à influência ambiental, principalmente climática. Fatores como temperatura e umidade são limitantes para o desenvolvimento dos colmos e absorção de nutrientes.

Observando a precipitação pluviométrica e temperatura durante a condução do presente experimento (Figura 8), observa-se que a umidade e a oscilação entre as temperaturas mínimas e máximas no decorrer do ciclo variaram entre 18°C e 30°C, sendo propícias para o desenvolvimento dos colmos, promovendo maior acréscimo em diâmetro. Tendo em vista que, a exigência climática da cultura para crescimento e desenvolvimento vegetativo é de 22°C a 30°C durante o dia (MARIN, 2022a). Sendo o período de intenso crescimento em diâmetro do colmo estimulado por luz, temperatura e umidade (STOLLER, 2021).

Para a variável Índice de Maturação, a RB041443 obteve um IM de 0,93 resultados estatisticamente superiores a RB867515, que alcançou 0,8 (Figura 11A).

Figura 11. Índice de maturação (A) e Teor de Sólidos Solúveis – °Brix (B) de variedades cana-de-açúcar submetida a diferentes épocas de adubação foliar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023.



A cana-de-açúcar é considerada madura, quando se encontra com os valores de IM entre 0,85 e 1 (ROSSETO, 2022), o que condiz com os resultados obtidos no presente experimento, onde a RB041443 obteve um IM de 0,93 e a RB867515 um IM de 0,8. Resultado que pode ser justificado, devido ao potencial genético apresentado pela RB041443, que tem em suas características maturação precoce-médio, baixo florescimento e alto teor de sacarose (OLIVEIRA, R; BARBOSA; DAROS, 2021), sendo predominante em relação a variedade RB867515, que apresenta maturação tardia e florescimento acima da média (OLIVEIRA, E, 2008).

Ainda, a RB041443 também se destacou por atingir maior °Brix, com média de 20,06° (Figura 11B). Sendo esses dados produtivos correlacionados entre si, de maneira que, o maior índice de maturação vai proporcionar elevados teores de sólidos solúveis nos colmos e consequentemente, maior ATR. Parâmetro industrial correspondente a soma total dos açúcares contidos nos colmos e que são, efetivamente, aproveitados no processo industrial para a produção de açúcar e álcool (RIBEIRO, 2021).

As aplicações parceladas dos fertilizantes com molibdato de potássio, nitrogênio líquido de alta concentração, complexo de micronutrientes e ácido bórico, proporcionaram incremento no ganho de IM e °Brix de ambas as variedades. Tendo em vista que, o balanço nutricional da planta é importante, pois durante o processo de maturação ocorre o acúmulo de fotoassimilados nos órgãos de reserva, acentuadamente da base para o ápice da planta (DO NASCIMENTO, 2021).

O processo de armazenamento e translocação do açúcar para os colmos ocorre desde os primeiros meses de desenvolvimento da cultura, sendo o acúmulo máximo de sacarose

promovido, sob um período em que a cana se encontre em condições adversas que restrinjam o seu crescimento, forçando a planta a parar de se desenvolver, passando a amadurecer (ROSSETO, 2022), processo esse, chamado de maturação fisiológica.

Sendo assim, o suprimento dos nutrientes no decorrer do ciclo foi fundamental para os resultados obtidos, demonstrando que a cultura necessita de N, K, B, Mo, Zn e Mg para realizar a concentração, translocação e o acúmulo de sacarose para os colmos (CRUSCIOL, 2019) e todos esses nutrientes foram fornecidos de forma parcelada, através dos fertilizantes foliares.

Os macros e micronutrientes atuam na planta durante o processo de maturação promovendo a formação de açúcares e concentração de sacarose, de forma que, alguns atuam de maneira sinérgica, como é o caso do molibdênio que aumenta a eficiência da adubação nitrogenada e a produção de sacarose (DURIGAN, 2021). O potássio, quando bem suprido aumenta os teores de sacarose, sendo um nutriente vital para a realização da fotossíntese e transporte de carboidratos, com ação na abertura e fechamento dos estômatos (BET, 2015).

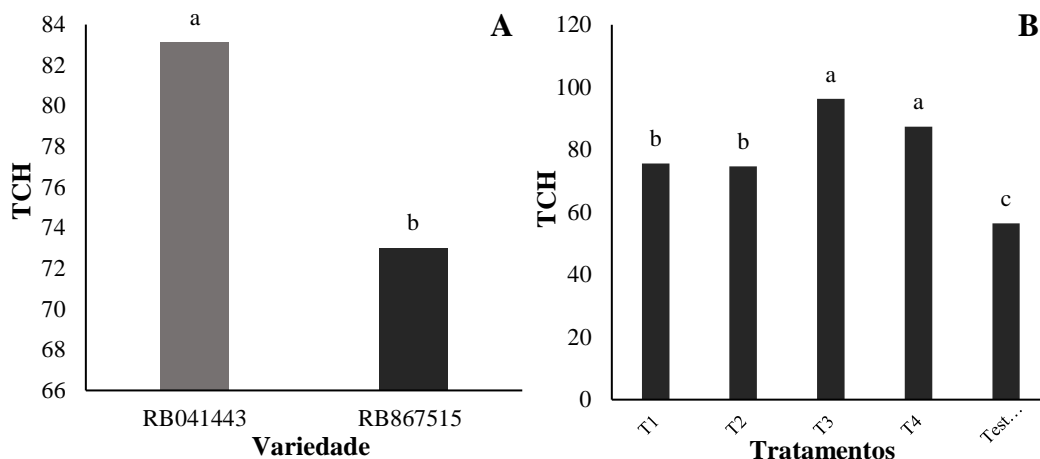
Entre os demais nutrientes envolvidos na concentração de açúcares nos colmos, destaca-se também o Mg devido sua atividade enzimática. Plantas adequadamente nutridas com Mg^{2+} exportaram 87% mais sacarose do que plantas com suprimento insuficiente, reforçando a função desse nutriente na exportação de sacarose das folhas de origem para os colmos (GARCIA et al., 2020).

O Boro absorvido pelas plantas na forma de ácido bórico (H_3BO_3), atua no transporte de açúcares, participando também do transporte de carboidratos das folhas para outros órgãos (MOSAIC, 2019b). Por fim, o Zinco absorvido (Zn^{2+}) é um constituinte de enzimas e atua no metabolismo de carboidratos e proteínas (CRUSCIOL, 2019).

PRADO FILHO (2019) em experimento utilizando o nitrogênio líquido e o complexo de micronutrientes, também observou que, os tratamentos que receberam a adubação foliar antecipada, ainda durante o crescimento vegetativo, apresentaram incrementos produtivos superiores àqueles que não receberam nutrição foliar. O que justifica os resultados do presente trabalho, levando em consideração que foram usados os mesmos produtos comerciais como fonte de N e de micros e a adubação foliar também foi parcelada.

Produtividade de 83,15 toneladas de cana por hectare foi obtida com a utilização da RB041443, desempenho estatisticamente superior ao alcançado com a RB867515, no qual obteve-se 73,03 (Figura 12A).

Figura 12. TCH de variedades cana-de-açúcar (A) em função das diferentes épocas de adubação foliar (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Areia – Paraíba, 2023.



A produtividade de colmos aumentou significativamente nos tratamentos com a aplicação foliar, tendo a variedade RB041443 mantido o desempenho produtivo superior 16,5% a variedade RB867515. Resultados semelhantes aos encontrados por (LEITE, 2018) que observou um acréscimo de 19% de produtividade na variedade RB041443 com o TCH 68,6 com relação a RB867515 com TCH de 57,2.

De acordo com Simões Neto (2023), em cultivo nos tabuleiros costeiros da Paraíba esta variedade alcançou 138 toneladas de cana por hectare em cana-planta, na Mata Norte do Pernambuco em análise conjunta de dois cortes obteve TCH médio de 80 toneladas e quando agrupado os resultados de três anos de cultivo nos tabuleiros costeiros da PB, obteve 72 toneladas/ha, resultados que justificam o bom desempenho dela neste trabalho.

No tocante ao efeito isolado dos tratamentos, três agrupamentos foram formados, destacando-se os tratamentos T3 e T4 que se agruparam com os maiores valores de TCH, com médias superiores a 87 toneladas de cana por hectare. Em contraste, no tratamento testemunha obteve-se o pior desempenho, com 56,47 toneladas de cana por hectare (Figura 12B).

Tanto o tratamento 3 (120+180DAP), como o 4 (90+200DAP) receberam a segunda adubação foliar em períodos com maior aporte hídrico o que possibilitou o aumento no crescimento final e consequentemente a maior concentração de produtividade nos colmos. Os volumes de água disponibilizados na fase de crescimento dos colmos (120 a 170 DAP) foi de em média 170 mm durante os meses de novembro até janeiro (Figura 8), tendo um fornecimento total durante todo o ciclo da cana-planta de aproximadamente 1.200 mm.

De acordo com Lima A (2020) a quantidade de água recebida pela cultura durante o seu ciclo, influencia na produtividade final, pois ao realizar um estudo em cana-planta

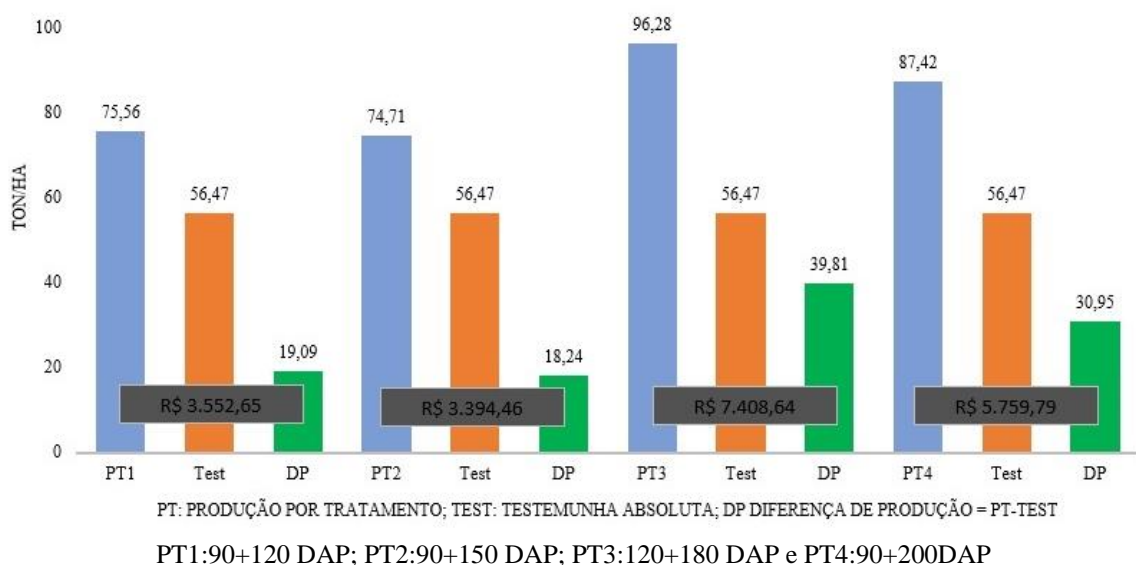
avaliando as características agronômicas, composição química e digestibilidade ruminal de oito variedades de cana sob regime de irrigação suplementar, obteve produtividades semelhantes para a RB041443 e a RB867515 com um volume total de precipitação hídrica durante o ciclo de 1.395 mm, resultado similar ao deste trabalho.

Ademais, a quantidade de água requerida varia em função do ciclo fenológico, da variedade, tipo de solo, entre outros fatores. Os rendimentos da cana produzida nos trópicos úmidos em condições de sequeiro, tendem a variar entre 70 e 100 toneladas/hectare, enquanto nos trópicos e subtropicais secos, com irrigação, podem alcançar entre 100 e 150 ton/ha (DOORENBOS, 1994). Portanto, constata-se que a cultura teve sua demanda hídrica atendida neste trabalho, o que possibilitou o melhor aproveitamento dos nutrientes na conversão de sacarose e produção de TCH.

O resultado da análise da viabilidade econômica é expresso conforme a figura 13 relacionando a diferença de produção ao retorno financeiro a ser obtido com os tratamentos.

Considerando-se o investimento inicial de R\$ 10.229,00 em um canavial com adubação foliar, os tratamentos T3 e T4 se mostraram atrativos (Figura 13). Apresentando indicadores de viabilidade com resultados economicamente viáveis, considerando o valor da tonelada de cana em R\$ 186,10 (maio/2023) quando multiplicada a produção total dos tratamentos, obteve-se para o T3 uma receita bruta de R\$ 17.917,70 e para o T4 R\$ 16.268,86, suprimindo os gastos de implantação do canavial e investimento nos fertilizantes.

Figura 13. Análise de viabilidade econômica da aplicação foliar em cana-planta.



Observa-se que o tratamento que teve a maior produção foi o T3 com 96,28 toneladas por hectare, cujas épocas de aplicação dos produtos foliares foram: 120+180 DAP, gerando um acréscimo produtivo de R\$ 7.408,64, sendo 70% superior que a produção da testemunha.

Por se tratar de uma cultura semi-perene, com uma permanência da lavoura em campo de em média 6 anos (1 para plantio e 5 para colheitas), é necessário um bom planejamento de investimentos antes da implantação do canavial (MOSAIC, 2022b), entretanto, quando bem estabelecida e manejada os ciclos produtivos podem variar mantendo a longevidade das soqueiras e permitindo mais safras antes da renovação do canavial. O tempo de recuperação do capital investido ocorre somente após o 3º corte, de modo que os ganhos na cultura somente sucedem após a terceira safra (MANNARELLI FILHO, 2003).

Andrade, R (2021) em estudo avaliando o efeito da aplicação foliar de micronutrientes na nutrição e produtividade da cana-planta cultivada em diferentes ambientes de produção, obteve retorno financeiro positivo com a aplicação foliar de Zn, Mn e B, ressaltando que os nutrientes propiciaram aumento na tonelada de açúcar por hectare (TAH), que é o fator chave de remuneração dos produtores de cana-de-açúcar no Brasil. Resultados semelhantes ao encontrados neste trabalho, evidenciando o acréscimo financeiro com uso da adubação foliar.

Esses resultados comprovam o efeito positivo da aplicação dos nutrientes via folha na época ideal, tendo em vista que, os nutrientes quando bem-posicionados na planta, conseguem ser absorvidos e translocados, promovendo o desenvolvimento fisiológico, agindo diretamente sobre o metabolismo, poupando o gasto energético e auxiliando na produção de enzimas, proteínas e hormônios, resultando em maiores taxas de crescimento e armazenamento de açúcar no colmo, como consequência, maior produtividade e lucratividade ao produtor.

5 CONCLUSÃO

As épocas de aplicação foliar correspondentes a 120 + 180 DAP e 90 + 200 DAP exibiram o melhor resultado neste trabalho, englobando o período de crescimento vegetativo máximo da cultura, propiciando melhor aproveitamento e absorção dos nutrientes pela folha e translocação para o colmo.

A variedade RB041443 se sobressaiu produtivamente nos parâmetros biométricos: Número de perfilhos e Número de entrenós e nos parâmetros produtivos: Índice de maturação, °Brix e Toneladas de Cana por hectare, enquanto a RB867515 foi superior em diâmetro.

O índice de lucratividade para a época de adubação foliar 120 + 180 DAP apresentou o melhor resultado. Sendo assim, essa época de aplicação pode ser indicada como a mais promissora nas condições desse estudo, proporcionando os maiores ganhos de produtividade de colmos e qualidade industrial, além do retorno econômico.

REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Fertilização foliar - Absorção, tipos e translocação**. 2022. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/aspectos-gerais/fertilizacao-foliar---absorcao--tipos-e-translocacao_361455.html>. Acesso em: 8 mai. 2023.

AGROTECHNICO. Última palavra em variedade de Cana-de-açúcar, a RB 041443 será acompanhada por nossa equipe. **Agrotecnico**, [s. l.], 22 jul. 2021.

ANDRADE, Joel José de. **Eficiência da adubação nitrogenada foliar na cana-de-açúcar**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.

ANDRADE, Rafael de Paiva. **Adubação foliar com micronutrientes em cana-planta**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2021.

AQUINO, G. S; e MEDINA, C. C. Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 173-180, 2014.

ARIZONO, H.; MATSUOKA, S.; GHELLER, Y.; MASUDA, H.P.; HOFFMANN, B.A.I.; MENESEZ, L.L. Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.16, n.5, p.20, 1998.

ASPLAN. **ESTIMATIVA VALOR REFERENCIAL DO KG DO ATR-PE 3ª SEMANA DE MAIO DE 2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/CsTEJkLuYWZ/?igshid=MTc4MmM1YmI2Ng==>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S., TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; COSTA, N. R.; MAEDA, A. S. E ANDREOTTI, M. Acúmulo de nutrientes no colmo de cana-de-açúcar em função de fontes e doses de manganês. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1077-1088, 2013.

BERNARDES, L.; DAVIN, L. P.; CAPELINI, V. A.; DE LIMA, P. A. M. Variedades de cana-de-açúcar em cultivo de cana planta e cana soca visando o fornecimento de forragem. **Ciências Rurais em Foco**. Volume 7, p. 50, 2022.

BET, J. A. **Indutores de maturação e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

BUENO, D. Fertilizantes foliares: Quando, como e porque utilizar. **Agrotécnico**, 2020. Disponível em: <<https://www.agrotecnico.com.br/fertilizantes-foliares/>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

BUSO, Pedro Henrique de Medeiros. **Estudo do sistema radical de cana-de-açúcar no plantio em gema e tolete**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CANÇADO, G. D. A.; VASCONCELOS, J.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; CHRISTOFOLETTI, D.; SEVERINO, F.; PINTO JUNIOR, A. S.; ANTUNES, J. Utilização de inoculante líquido solubilizador de fosfato formulado a base dos isolados de *Bacillus megaterium* (b119) e *Bacillus subtilis* (b2084) no plantio da cana-de-açúcar. Campinas: **Embrapa Agricultura Digital**, 2021.

CHICONATO, D. A.; DE SANTANA COSTA, M. G.; BALBUENA, T. S.; MUNNS, R.; DOS SANTOS, D. M. Proteomic analysis of young sugarcane plants with contrasting salt tolerance. **Functional Plant Biology**, v. 48, n. 6, p. 588-596, 2021.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Quarto levantamento. Brasília: v.10 – safra 2022/23, nº4, p. 1-49, abril de 2023.

CONSECANA. **Manual de instruções**. Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar, Álcool do Estado de São Paulo. v. 5, p. 112, ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C. **EFEITO DA NUTRIÇÃO NA MATURAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR**. 2019. Disponível em: <<http://gape-esalq.com.br/wp-content/uploads/2019/03/Efeito-da-nutri%C3%A7%C3%A3o-na-matura%C3%A7%C3%A3o-da-cana-de-a%C3%A7%C3%ACar-Carlos-Crusciol.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. D. R.; CANTARELLA, H. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. **Scientific Reports**, 10(1), 5398. 2020.

DA ROCHA, I. T. M.; DA SILVA, A. V.; NETO, D. E. S.; DE SOUZA, E. R.; DE OLIVEIRA, E. C. A.; DE OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J. Altura, diâmetro e Número de Colmos de variedades de cana-de-açúcar não são influenciados por adubação potássica: Height, diameter and Number of Canes of sugarcane varieties are not influenced by potassium fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 9, p. 62125-62135, 2022.

DA SILVA, D. C. O.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; MELO, V. F.; DA SILVA, A. J.; DO NASCIMENTO ALVES, L.; DE BRITO CARVALHO, L. Teores foliares de macro e micronutrientes em cultivares de abacaxizeiro submetidas à adubação foliar. **Iheringia, Série Botânica**, v. 77, 2022.

DO NACIMENTO, J. M.; DE SOUZA, C. M. A.; ARCOVERDE, S. N. S.; ALTOMAR, P. H. Aplicação de maturador e fertilizante foliar em cana-de-açúcar. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 30, n. 1, p. 51, 2021.

DOORENBOS, J. **Efeito da água no rendimento das culturas**. UFPB, 1994.

DUARTE, G. R. B. **Ciclo da Cana de Açúcar. Melhores dicas para produtividade**. CHBAGRO. 2020a. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/ciclo-da-cana-de-acucar-melhores-dicas-para-productividade>>. Acesso em: 4 mai. 2023.

DUARTE, G. R. B. **Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar**. CHBAGRO. 2020b. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/nutricao-e-adubacao-da-cana-de-acucar>>. Acesso em: 8 mai. 2023.

DUARTE, G. R. B. **Nutrientes do Solo: Os Nutrientes Necessários para a Cana.** CHBAGRO. 2021. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/nutrientes-do-solo-os-nutrientes-necessarios-para-a-cana/>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

DURIGAN, A. **Micronutrientes, ferramenta importante no manejo da cana-de-açúcar.** 2021. Disponível em: <<https://www.canaoeste.com.br/artigos/micronutrientes-ferramenta-importante-no-manejo-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

ELSHEERY, N. I.; SUNOJ, V. S. J.; WEN, Y.; ZHU, J. J.; MURALIDHARAN, G.; CAO, K. F. Foliar application of nanoparticles mitigates the chilling effect on photosynthesis and photoprotection in sugarcane. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 149, p. 50-60, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 17 abr. 2023.

FIGUEROA-RODRÍGUEZ, K. A.; HERNÁNDEZ-ROSAS, F.; FIGUEROA-SANDOVAL, B.; VELASCO-VELASCO, J.; AGUILAR RIVERA, N. What has been the focus of sugarcane research? A bibliometric overview. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 18, p. 3326, 2019.

FICKETT, N. D.; EBRAHIMI, L.; PARCO, A. P.; GUTIERREZ, A. V.; HALE, A. L.; PONTIF, M. J.; BAISAKH, N. An enriched sugarcane diversity panel for utilization in genetic improvement of sugarcane. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

FLORIANO, P. H. P. **Aspectos nutricionais e adubação nitrogenada para cana-de-açúcar.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2022.

FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D.; PEREIRA, F. C.; GOIS GONÇALVES, J. L. Aptidão climática da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016.

GARCIA, A.; CRUSCIOL, C. A. C.; MCCRAY, J. M.; NASCIMENTO, C. A. C.; MARTELLO, J. M.; DE SIQUEIRA, G. F.; TARUMOTO, M. B. Magnesium as a promoter of technological quality in sugarcane. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 19-30, 2020.

GIORGENON, E. P. **Estado Nutricional da Cana-de-Açúcar Adubada com Fertilizante Mineral, Organomineral de Lodo de Esgoto e Bioestimulante.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019.

GRILLI, M. **Cana-de-açúcar: produção 2022/2023 cresce 5,4%, aponta Conab.** 2023. Disponível em: <<https://exame.com/agro/cana-de-acucar-producao-22-23-cresce-54-aponta-conab/>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

GUEDES FILHO, D. H.; JÚNIOR, J. A. S.; COSTA FILHO, J. F.; FRANCISCO, P. R. M.; CAMPOS, V. B. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, Paraíba. **REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI**, v. 5, n. 1, 2013.

HERVATIN, C. M. **Adução foliar associada à aplicação de maturador na cana-de-açúcar em início de safra**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018.

ISMAIL, M.; AHMAD, T.; ALI, A.; NABI, G.; HAQ, N. U.; MUNSIF, F. 16. Response of sugarcane to different doses of Zn at various growth stages. **Pure and Applied Biology (PAB)**, v. 5, n. 2, p. 311-316, 2021.

KONING, L. A.; VESTE, M.; FREESE, D.; LEBZIEN, S. Effects of nitrogen and phosphate fertilization on leaf nutrient content, photosynthesis, and growth of the novel bioenergy crop *Fallopia sachalinensis* cv. 'Igniscum Candy'. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 88, n. 1, 2015.

LEITE, Marcos Renan Lima. **DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIGESTIBILIDADE RUMINAL DE GENOTIPOS DE CANA-DE-AÇUCAR CULTIVADOS EM REGIME DE SEQUEIRO**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (CCAA), Universidade Federal do Maranhão, CHAPADINHA, 2018.

LIMA, Allana Tereza Mesquita de. **DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIGESTIBILIDADE RUMINAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇUCAR CULTIVADAS SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2020.

LIMA, P. R. C. **Tipo de Clima Anual para Campina Grande e Areia: Variabilidade e Tipologia**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2019.

LIMITED, Czarnikow Group. **Moagem de cana-de-açúcar**. 2023. 1 gráfico. 915x381 pixels. Disponível em: <<https://exame.com/agro/cana-de-acucar-producao-22-23-cresce-54-apontaconab/>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

LOPES, Amanda Moreira. **Respostas fisiológicas em cana-de-açúcar submetida à aplicação de piraclostrobina**. 2016. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MAGRO, F. J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P. E.; TAKAMATSU, S. Y. Biometria em cana-de-açúcar. **Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Butanta, Brazil**, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MANNARELLI FILHO, T. ESTUDO DA ANÁLISE DE INVESTIMENTO NA CULTURA DA CANA NA REGIÃO OESTE DE SÃO PAULO. **Econ, Pesquisa**. Araçatuba v,5, n,5, p, 94. 2003.

MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; DE OLIVEIRA FRANCELINO, H.; COELHO, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Revista Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2012.

MARIN, F. R. **Clima - Portal Embrapa**. 2022a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/clima>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MARIN, F. R. **Fenologia - Portal Embrapa**. 2022b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/fenologia>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

MARIOTTI, J. A.; LASCANO, O. G. Estudios de muestro para la evaluacion del rendimiento de la caña de azucar. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, v. 46, n. 2, p. 37-44, 1969.

MELO, K. V. D.; FILHO, G. M.; CALHEIROS, L. C. D. S.; MOURA, A. B.; OMENA, J. U. L. I. A. D. **EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FONTE DE NITROGÊNIO APLICADO EM COBERTURA NA CANA-DE-AÇÚCAR**. 2018.

MELLO PRADO, R. D. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.

MOCELLIN, R. S. P. Princípios da adubação foliar: coletânea de dados e revisão bibliográfica. **Omega, Canoas**. 83p, 2004.

MOSAIC, R. **Funções do boro no plantio de cana-de-açúcar - Nutrição de Safras**. 2019a. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/funcoes-do-boro-para-cana-de-acucar>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

MOSAIC, R. **Macronutrientes secundários: entenda o papel deles na lavoura- Nutrição de Safras**. 2019b. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/macronutrientes-secundarios-no-solo-e-suas-disponibilidades>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MOSAIC, R. **Benefício do uso do adubo para cana-de-açúcar- Nutrição de Safras**. 2022a. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/adubo-para-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 8 mai. 2023.

MOSAIC, R. **Saiba tudo sobre o ciclo da cana-de-açúcar**. 2022b. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/ciclo-da-cana-de-acucar>>. Acesso em: 13 mai. 2023.

MOURA, D.; MARQUES, P. **Adubação Foliar na Cultura da Cana-de-açúcar**. 2021. Disponível em: <<https://blog.agromove.com.br/adubacao-foliar-cana-acucar/>>. Acesso em: 8 mai. 2023.

OLIVEIRA, A. P. D.; BARBOSA, L. J. D. N.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. E. L.; OLIVEIRA, A. N. P. Produção de rizóforos comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 73-76, 2007.

OLIVEIRA, J. Jr. **Importância da Nutrição Foliar de Cana-De-Açúcar**. 2021. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-da-nutri%C3%A7%C3%A3o-foliar-de-cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar-josu%C3%A9-oliveira-/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 14 mai. 2023.

OLIVEIRA, M. W.; MACÊDO, G. A. R.; MARTINS, J. A.; DA SILVA, V. S. G.; DE OLIVEIRA, A. B. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. **Sugarcane. Technology and Research**, v. 1, p. 169-191, 2018.

OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S.; DAROS, E. **50 anos de Variedades RB de Cana-de-Açúcar: 30 anos de RIDESA**. UFPR, RIDESA: Curitiba, Brazil, p. 30-52, 2021.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B.; SANTOS, B. L. S. Walker, A. M. Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do Submédio São Francisco. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

OLIVEIRA, E. C. A. D.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I. D.; FREIRE, M. B. G. D. S.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. D. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1343-1352, 2010.

PEDROZO, C. Â.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V. D.; SILVA, F. L. D. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.031-036, 2009.

PRADELA, V. A. **Manejo da adubação mineral e orgânica na nutrição e produtividade agroindustrial de variedades de cana-de-açúcar em ambientes de produção restritivos**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2021.

PRADO FILHO, A. P. D. A. **Aplicação foliar de nutrientes e hormônios na cana-de-açúcar em início de safra: produção e qualidade da matéria prima**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2019.

R CORE TEAM et al. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**. 2019.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo Agrônômica Ceres, 1991. 343p.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M.; JOÃO DE DEUS, G.; DE SOUSA NUNES, R. Manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar no cerrado. **Circular Técnica**, 2016.

RIBEIRO, C. **Qual a importância do ATR na cana-de-açúcar?**. 2021. Disponível em: <<https://blog.sensix.ag/qual-a-importancia-do-atr-na-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

RODRIGUES, J. D. Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Biológico, São Paulo**, v. 65, n. 1/2, p. 59-61, 2003.

- ROSSETO, R. **Maturação - Portal Embrapa**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/planejamento-da-colheita/colheita/maturacao>>. Acesso em: 12 mai. 2023.
- SANTOS, F.; EICHLER, P.; MACHADO, G.; DE MATTIA, J.; DE SOUZA, G. By-products of the sugarcane industry. In: **Sugarcane biorefinery, technology and perspectives**. Academic Press, 2020. p. 21-48.
- SANTOS, V. R. D. **Crescimento e produção de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo-AL, 2006.
- SEGATO, S. V.; PINTO, A. D. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. D. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**, v. 1, p. 19-36, 2006.
- SILVA, F.C.; MUTTON, M.J.R.; CESAR, M.A.A.; MACHADO JUNIOR, G.R.; MUTTON, M.A.; STUPIELLO, J.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. p. 288-359. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. **Sistemas de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1. ed. Brasília: Embrapa. 586p, 2015.
- SILVA, Livia Maria Cavalcante. **Avaliação morfológica da cana-de-açúcar (cana-soca) sob condições de estresse salino**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, 2019.
- SILVA, J. P. N. D.; SILVA, M. R. N. D. Noções da cultura da cana-de-açúcar. 2016.
- SIMÕES NETO, Djalma Euzébio. **CENSO VARIETAL SAFRA 2022/2023 E RESULTADOS DE VARIEDADES E CLONES PROMISSORES**. 2023. 54 slides.
- SOLTANGHEISI, A.; WITHERS, P. J.; PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; ROSSETTO, R.; DO CARMO, J. B.; MARTINELLI, L. A. Improving phosphorus sustainability of sugarcane production in Brazil. **Gcb Bioenergy**, v. 11, n. 12, p. 1444-1455, 2019.
- SOBRINHO, O. P. L.; DA SILVA, G. S.; PEREIRA, Á. I. S.; DE SOUSA, A. B.; JÚNIOR, W. L. C.; DOS SANTOS, L. N. S. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1605-1625, 2019.
- SOUZA, Pedro Henrique Neves de. **Estudo genealógico e variáveis biométricas, bioquímicas e agroindustriais de genótipos de cana-de-açúcar sob diferentes condições hídricas**. 2019. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Melhoramento Genético de Plantas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- STOLLER. **Tudo sobre o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 2021. Disponível em: <<https://www.stoller.com.br/tudo-sobre-as-fases-de-desenvolvimento-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

TEIXEIRA, C.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D. T. D. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1931>.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e modos de aplicação de zinco na cultura da cana-de-açúcar**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de produção. Ilha Solteira – SP, 2011.

TORRES, R. D. A.; RESENDE, H. **Os fundamentos da cultura de cana**. 1996.

VALE, F. **Adubação Foliar em Cana-de-Açúcar**. Dracena: Adubai Consultoria, 2014. 57 slides, color, 25 x 20 cm.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Walt-hham: Chronica Botânica, 1952. 433 p.

VIDOTTI, J. P. B. **Adubação potássica em cana-de-açúcar**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2021.

VILAR, D. **Aprendendo a Morfologia da Cana-de-Açúcar**. 2021a. Disponível em: <<https://agronline.com.br/portal/artigo/aprendendo-a-morfologia-da-cana-de-acucar/#:~:text=As%20caracter%C3%ADsticas%20morfol%C3%B3gicas%20da%20%C3%A2mina>>. Acesso em: 1 mai. 2023.

VILAR, D. **Diferença Entre Cana-planta e Cana-soca**. 2021b. Disponível em: <<https://agronline.com.br/portal/artigo/diferenca-entre-cana-planta-e-cana-soca/>>. Acesso em: 2 mai. 2023.

VISÃO AGRO. **Moagem de cana na Paraíba bate recorde de 1980 na safra de 2022/2023**. 2023. Disponível em: <<https://visaoagro.com.br/usinas/cana-de-acucar/moagem-de-cana-na-paraiba-bate-recorde-de-1980-na-safra-de-2022-2023/>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

WEN, M.; YANG, J.; PAN, F.; WU, W.; CHEN, Y.; GUAN, J. Advances in Studies of Genetic Improvement of Sugarcane. **Asian Agricultural Research**, v. 8, n. 1812-2016-144751, p. 66-70, 2016.

WOJCIK, P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. **Journal of fruit and ornamental plant research**, v. 12, n. Spec. ed., 2004.

YARA BRASIL. **Resumo Nutricional da Cana-de-Açúcar**. 2020. Disponível em: <<https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/resumo-nutricional-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 8 mai. 2023.