



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EDIVANILTON ALVES ARARUNA JÚNIOR

MANEJO DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS MISTOS NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

AREIA

2021

EDIVANILTON ALVES ARARUNA JÚNIOR

**MANEJO DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS MISTOS NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Mielezrski.

.

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A662m Araruna Júnior, Edivanilton Alves.

Manejo da aplicação de fertilizantes minerais mistos
na cultura da cana-de-açúcar / Edivanilton Alves
Araruna Júnior. - Areia:UFPB/CCA, 2021.

32 f. : il.

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

1. Agronomia. 2. Saccharum officinarum. 3. Adubação
suplementar. I. Mielezrski, Fabio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635 (02)

EDIVANILTON ALVES ARARUNA JÚNIOR

MANEJO DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS MISTOS NA CULTURA
DA CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 06 / 12 / 2021 .

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabio Mielezrski
Grandes Culturas CCA/UFPB/Área-PB
Mat. SIAPE: 10924368

Prof. Dr. Fabio Mielezrski (Orientador)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Me. Ana Beatriz Torres Melo de Freitas

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)



Me. José Manoel Ferreira de Lima Cruz

Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Aos meus pais, minha avó e minha família, pela
dedicação, companheirismo e amizade,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que sempre esteve ao meu lado, me deu forças e me guiou até o fim desta jornada. Me sustentou, me deu e sabedoria e me ensinou a nunca desistir dos meus objetivos.

Ao meu pai Edivanilton Alves Araruna, exemplo de ser humano e profissional, que sempre me apoiou e sempre esteve ao meu lado.

A minha mãe, minha guerreira e rainha. Obrigado por tudo, durante todos esses anos, me deu forças para continuar em frente, em busca dos meus objetivos.

A minha avó, que sempre me apoiou e nunca abriu mão de me ajudar. Obrigado por tudo minha amada Penha.

Aos meus tios, Alex e Patrícia, por cada conselho dado, por sempre acreditarem em mim, por contribuírem de forma direta na minha formação acadêmica.

A minha companheira, amiga e noiva, Kelly Tainny, sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, junto a minha sogra Inalda, que me tem como um filho.

Ao meu amigo e irmão Lucas, aos meus amigos da universidade, em especial, Mayra Alves do Nascimento, Tamiris Luana, Lucas Victor, Bruno Rosendo e os demais.

Ao professor e amigo Fábio Mielezrski, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Obrigado por tudo professor!

A minha madrinha, Elba, que sempre me deu os melhores conselhos e ensinamentos. Sempre esteve apta para me ouvir e me educar.

Dedico em especial a minha família, minha base para que eu pudesse ser quem eu sou hoje. Sou grato a Deus por cada um de vocês.

RESUMO

A cana-de-açúcar possui importância tanto do ponto de vista econômico quanto social, com a geração de empregos e renda em todos os sistemas de produção. Essa cultura possui múltiplas utilidades, podendo ser destinada para produção de etanol, açúcar, energia elétrica, produtos utilizados na alimentação humana e animal. A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, a exemplo da aplicação adequada de fertilizantes. Vários fertilizantes minerais têm sido desenvolvidos para suplementar as altas exigências das culturas. Pesquisas direcionadas a área de fertilidade do solo e nutrição da cana-de-açúcar estão sendo realizadas, com objetivos de gerar informações para orientar o adequado manejo da cana-de-açúcar, para que a mesma possa expressar o seu potencial máximo e aumentar os lucros. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a aplicação de fertilizantes minerais mistos e sua influência na produtividade de cana-de-açúcar em primeiro ciclo. O trabalho foi conduzido na área experimental Chã de Jardim do Centro de Ciências Agrárias – CCA, Campus II, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia – PB. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Foram utilizados três produtos com a seguinte composição: Produto A: 6% P_2O_5 + 1% Mo + 2% Zn; Produto B - 8% N + 25% P_2O_5 + 0,1% B + 0,1% Cu + 0,2% Mn + 0,02% Mo + 0,2% Zn; Produto C - 4% N + 8% P_2O_5 + 2% K + 0,3 % Mg + 1,0% S + 0,3% B + 0,5% Ca + 0,2% Cu + 2,0% Mn + 0,4% Mo + 0,5 Zn. Os tratamentos consistiram da combinação desses três produtos: T1 - Testemunha absoluta; T2 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T3 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T4 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (0 DAP); T5 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP); T6 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP). As avaliações realizadas foram altura de colmos; número de colmos por metro linear; diâmetro do colmo; número de entrenós, sólidos solúveis totais (°Brix) e Tonelada de cana por hectare (TCH). O tratamento T3, que consiste nas combinações de 1,0 L ha⁻¹ de 6% P_2O_5 + 1% Mo + 2% Zn + 2,0 L ha⁻¹ de 8% N + 25% P_2O_5 + 0,1% B + 0,1% Cu + 0,2% Mn + 0,02% Mo + 0,2% Zn, proporcionou os maiores incrementos para cana-de-açúcar em primeiro ciclo. Evidencia-se a necessidade de realização de pesquisas em diferentes anos agrícolas, a fim de obter resultados que possam comprovar o potencial dos fertilizantes utilizados nas condições testadas.

Palavras-Chave: *Saccharum officinarum*; adubação suplementar; produtividade.

ABSTRACT

Sugarcane is important both from an economic and social point of view, with the generation of jobs and income in all production systems. This culture has multiple uses and can be used for the production of ethanol, sugar, electricity, products used in human and animal food. Sugarcane productivity is regulated by several production factors, such as the proper application of fertilizers. Various mineral fertilizers have been developed to supplement the high demands of crops. Researches are being carried out in the area of soil fertility and sugarcane nutrition, with the aim of generating information to guide the proper management of sugarcane, so that it can express its maximum potential and increase profits. The aim of this research was to evaluate the application of mixed mineral fertilizers and their influence on sugarcane yield in the first cycle. The work was carried out in the experimental area Chã de Jardim, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Campus II, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia – PB. The experiment was carried out in a randomized block design with six treatments and four replications, totaling 24 plots. Three products with the following composition were used: Product A: 6% P₂O₅ + 1% Mo + 2% Zn; Product B - 8% N + 25% P₂O₅ + 0.1% B + 0.1% Cu + 0.2% Mn + 0.02% Mo + 0.2% Zn; Product C - 4% N + 8% P₂O₅ + 2% K + 0.3% Mg + 1.0% S + 0.3% B + 0.5% Ca + 0.2% Cu + 2.0% Mn + 0.4% Mo + 0.5 Zn. The treatments consisted of a combination of these three products: T1 - absolute witness; T2 - 0.5 L ha⁻¹ Product A (0 DAP) + 2.0 L ha⁻¹ Product B (0 DAP); T3 - 1.0 L ha⁻¹ Product A (0 DAP) + 2.0 L ha⁻¹ Product B (0 DAP); T4 - 1.0 L ha⁻¹ Product A (0 DAP) + 1.0 L ha⁻¹ Product B (0 DAP) + 1.0 L ha⁻¹ Product C (0 DAP); T5 - 1.0 L ha⁻¹ Product A (0 DAP) + 1.0 L ha⁻¹ Product B (0 DAP) + 1.0 L ha⁻¹ Product C (90 DAP); T6 - 0.5 L ha⁻¹ Product A (0 DAP) + 2.0 L ha⁻¹ Product B (0 DAP) + 1.0 L ha⁻¹ Product C (90 DAP). The evaluations performed were stalk height; number of stems per linear meter; stem diameter; number of internodes, degree °Brix and TCH. The T3 treatment, which consists of combinations of 1.0 L ha⁻¹ of 6% P₂O₅ + 1% Mo + 2% Zn + 2.0 L ha⁻¹ of 8% N + 25% P₂O₅ + 0.1% B + 0.1% Cu + 0.2% Mn + 0.02% Mo + 0.2% Zn provided the largest increments for sugarcane in the first cycle. The need to carry out research in different agricultural years is evident, in order to obtain results that can prove the potential of the fertilizers used in the tested conditions.

Keywords: *Saccharum officinarum*; supplementary fertilization; productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Morfologia da cana-de-açúcar: A) Desenvolvimento das raízes de fixação a partir das pontuações radiculares; B) Desenvolvimento de brotos a partir de gemas; C) Desenvolvimento das raízes do tolete, brotação das gemas, emergência dos brotos e formação do sistema radicular do tolete; D) Início do desenvolvimento de raízes do broto; E) Perfilhamento a partir de gemas subterrâneas dos colmos principais. F) Touceira formada por colmos principais e perfilhos. G) Raízes dos perfilhos; H) Rebrotas; I) Florescimento da cana-de-açúcar.....	14
Figura 2	A) Tolete e B) Nó do tolete de cana-de-açúcar e suas partes.....	15
Figura 3	Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	16
Figura 4	°Brix de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.....	26
Figura 5	Tonelada de Cana por hectare (TCH) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida a aplicação de fertilizantes minerais mistos.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição dos produtos empregados no experimento.....	20
Tabela 2	Tratamentos utilizados.....	20
Tabela 3	Atributos químicos do solo da área experimental (0-0,20 m). Areia-PB, Brasil	21
Tabela 4	Resumo da análise de variância para altura de planta (ALT), número de colmos por metro linear (NC), diâmetro do colmo (DC) e número de entrenós (NE), sólidos solúveis (°Brix) e tonelada de cana por hectare (TCH) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.....	24
Tabela 5	Altura de planta (ALT), número de colmos por metro linear (NC), diâmetro do colmo (DC) e número de entrenós (NE) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.....	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1	Importância econômica da cana-de-açúcar.....	12
3.2	Morfologia e fenologia.....	13
3.3	Ecofisiologia da cultura.....	16
3.4	Variedade RB867515.....	17
3.5	Nutrição da cana-de-açúcar.....	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Localização experimental.....	20
4.2	Condução experimental.....	20
4.2.1	Altura de Planta.....	21
4.2.2	Número de colmos por metro linear.....	22
4.2.3	Diâmetro do colmo.....	22
4.2.4	Número de entrenós.....	22
4.2.5	Sólidos solúveis (Brix ^o).....	22
4.2.6	Produtividade (TCH).....	22
4.3	Análise dos dados.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar apresenta elevado destaque no setor agrícola e econômico do Brasil e do mercado externo, sendo importante fonte de empregos diretos e indiretos nas áreas produtoras. Essa cultura possui múltiplas utilidades, podendo ser destinada para produção de etanol, açúcar e como recursos energéticos (SILVA et al., 2020). Os produtos derivados da cana-de-açúcar também são utilizados na alimentação humana (melaço, cachaça, doces, geleias, caldo e rapadura) e animal (forragem e silagem) (BELLÉ et al., 2014) e os resíduos da fabricação do etanol (vinhaça) podem ser utilizados na fertirrigação (SOUZA et al., 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo responsável por uma produção de 654.527,8 mil toneladas e produtividade de 75.965 kg/ha na safra 2020/21, em uma área que situa-se próximo a 8.616,1 mil hectares. Os três principais estados produtores são São Paulo, Goiás e Minas Gerais, com produções de 354.288,4; 74.039,9 e 70.565,8 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2021).

A produção de cana-de-açúcar na Paraíba na safra 2020/2021 foi de 6.242,1 mil toneladas, 52.769 kg/ha e uma área de 118,3 mil hectares, representando aproximadamente 1% da área ocupada com a cultura no país. Quanto a destinação do vegetal colhido, cerca de 17,7% foram para produção de açúcar e 82,3% para o etanol, em razão do cenário econômico favorável para o etanol em relação ao açúcar. As condições climáticas oscilaram recentemente, principalmente com baixos índices pluviométricos em diversas áreas produtoras, podendo impactar no rendimento da cultura e na sua qualidade na próxima safra. No geral, estima-se que a produção seja de 6.206,8 mil toneladas de cana-de-açúcar na safra de 2021/22, sendo um pouco inferior à de 2020/21 (CONAB, 2021).

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, com destaque para variedade utilizada, propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, clima, práticas culturais, controle de pragas e doenças, colheita, entre outros (MARAFON, 2011). Com relação a práticas culturais, é necessário a aplicação adequada de fertilizantes. Os fertilizantes suprem as necessidades nutricionais das plantas, sendo fundamental para produtividade, já que os nutrientes participam de inúmeros processos fisiológicos que garantem o crescimento e desenvolvimento da cultura (TAIZ et al., 2017).

Vários fertilizantes minerais têm sido desenvolvidos para suplementar as altas exigências das culturas. Os fertilizantes minerais mistos são resultantes da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples, podendo fornecer a planta macronutrientes e micronutrientes (REETZ, 2017). Várias são as vantagens da aplicação de fertilizantes mistos, como proporcionar um melhor desempenho agrônômico de culturas agrícolas, com a absorção mais rápida e eficaz dos nutrientes, resultando em um maior crescimento e desenvolvimento da planta (CHEMICAL, 2014). Além disso, também é constatada economia de trabalho na aplicação e a capacidade de reduzir a perda de nutrientes para o ambiente, quando em comparação com fertilizantes simples (GURGEL et al., 2016).

Nos últimos anos pesquisas direcionadas a área de fertilidade do solo e nutrição da cana-de-açúcar estão sendo realizadas, com objetivo de gerar informações para nortear o adequado manejo da cultura, para que a mesma possa expressar o seu potencial máximo, com aumento significativo do lucro (CARDOSO et al., 2021).

2 OBJETIVO

Avaliar a aplicação de fertilizantes minerais mistos e sua influência no rendimento de cana-de-açúcar em primeiro ciclo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta monocotiledônea, alógama e perene. É pertencente à família Poaceae e provavelmente originária da Oceania (Nova Guiné) e da Ásia (Índia e China) e, em seguida, se difundiu pelo mundo, sendo considerada uma das principais culturas cultivadas no mundo (MAGRO et al., 2011). No Brasil, desde o período colonial essa cultura se destacou como um dos principais produtos agrícolas explorados. Inicialmente foi implantada no litoral e, em seguida, em áreas do interior brasileiro (RODRIGUES e ROSS, 2020).

A cana-de-açúcar possui uma grande expressão tanto do ponto de vista econômico quanto social, com a geração de empregos e renda em todos os sistemas de produção (SILVA et al., 2020). Na safra de 2020/21, cerca de 17,7% do vegetal colhido foi destinado para produção de açúcar e 82,3% para a produção de etanol. Produtos derivados dessa cultura também são utilizados para consumo humano, como a cachaça, doces, geleias, caldo, melaço e rapadura e na alimentação animal, através da utilização da forragem (BELLÉ et al., 2014).

Com rápido crescimento da população mundial e modernização do modo de vida, tem-se observado o incentivo da utilização de fontes de energia alternativas, principalmente em tempos de crise hídrica e energética. As grandes unidades de produção também têm buscado operar com maior eficiência, com o aproveitamento dos resíduos. Com isso, a utilização de biomassas residuais de plantas utilizadas na agroindústria tem sido crescente. O bagaço de cana-de-açúcar tem se destacado nesse cenário, já que a cultura é muito difundida, gerando grandes quantidades desse resíduo. A energia elétrica gerada através dos resíduos de cana-de-açúcar é uma tecnologia totalmente limpa, de fonte renovável e que auxilia na redução dos custos (GROTTO et al., 2021). Atualmente, o Brasil possui grande potencial para agricultura de energia, com a cana-de-açúcar representando o quarto lugar na matriz energética, que corresponde 8,65% de toda energia gerada e 77% da energia produzida por biomassas (CARVALHO et al., 2020). Além disso, os resíduos da fabricação do etanol (vinhaça) podem ser utilizados na fertirrigação (SOUZA et al., 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável por uma produção de 654.527,8 mil toneladas, produtividade de 75.965 kg/ha em uma área plantada com 8.616,1 mil hectares na safra de 2020/21. Os três principais estados produtores foram São Paulo, Goiás e Minas Gerais, com produções de 354.288,4; 74.039,9 e 70.565,8 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2021).

O Nordeste foi responsável por uma produção de 51.937,2 mil toneladas, produtividade de 58.006 kg/ha em uma área de 895,4 mil hectares na safra de 2020/21. Os três principais estados produtores foram Alagoas, Pernambuco e Paraíba, com uma produção de 17.003,0; 11.827,4 e 6.242,1 mil toneladas, respectivamente. A Paraíba contou com uma produtividade média de 52.769 kg/ha, cultivadas em uma área de 118,3 mil hectares, o que representa aproximadamente 1% da área ocupada com a cultura no país. Nesse estado, as condições climáticas oscilaram recentemente, principalmente os índices pluviométricos, registrando chuvas abaixo da média histórica em diversas regiões produtoras, podendo impactar no rendimento da cultura e na sua qualidade na safra de 2021/22. No geral, a expectativa é de produção na ordem de 6.206,8 mil toneladas de cana-de-açúcar, sendo um pouco inferior ao resultado de 2020/21 (CONAB, 2021).

3.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA

A cana-de-açúcar se desenvolve em forma de touceira, que é definido como conjunto de rebentos de plantas da mesma espécie que nascem muito próximos uns dos outros. A touceira é constituída por biomassa subterrânea e biomassa aérea. A biomassa subterrânea é formada por raízes do tipo fasciculadas, rizomas constituídos por nós, internódios ou entrenós e gemas que são responsáveis pela formação dos perfilhos da touceira. A biomassa aérea é formada por colmos, que são segmentados em nós e entrenós, onde está localizada a inserção foliar, podendo os mesmos ser de porte eretos, semieretos e decumbentes. A parte aérea também é composta por folhas completas, compostas por bainha, colar e lâmina foliar, apresentando inserção alternada no colmo. Já a lâmina foliar é alongada e relativamente plana. Possui inflorescência e frutos do tipo cariopse (MARAFON, 2012). Com relação a rebrota, logo após a colheita dos colmos, tem início à brotação da soqueira, e um perfilhamento é estabelecido (Figura 1) (SILVA et al., 2004).

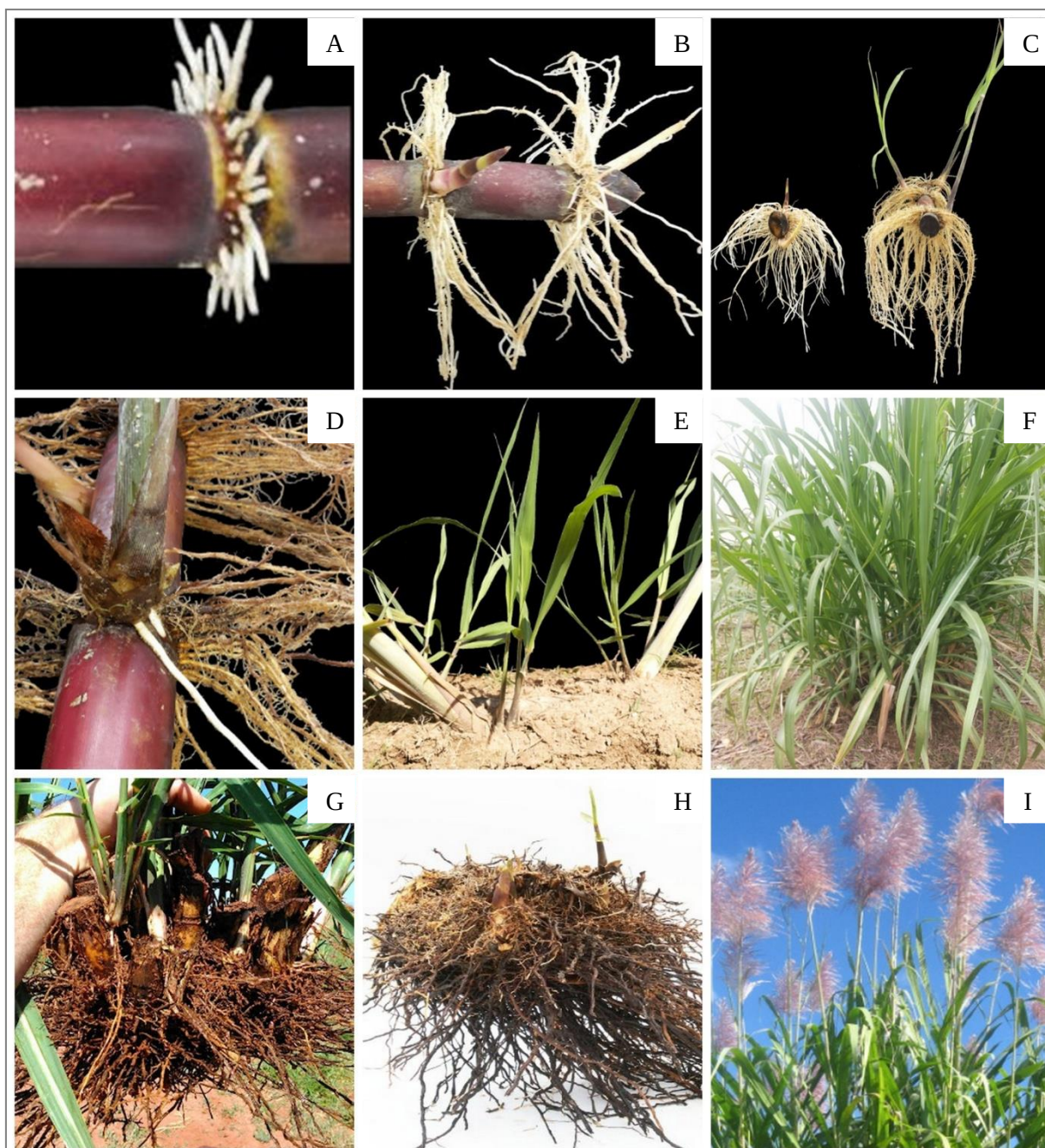


Figura 1. Morfologia da cana-de-açúcar: A) Desenvolvimento das raízes de fixação a partir das pontuações radiculares; B) Desenvolvimento de brotos a partir de gemas; C) Desenvolvimento das raízes do tolete, brotação das gemas, emergência dos brotos e formação do sistema radicular do tolete; D) Início do desenvolvimento de raízes do broto; E) Perfilhamento a partir de gemas subterrâneas dos colmos principais. F) Touceira formada por colmos principais e perfilhos. G) Raízes dos perfilhos; H) Rebrotas; I) Florescimento da cana-de-açúcar. (Foto G: Alexandrius de Moraes Barbosa; Demais fotos: André Luís Thomas).

A propagação comercial da cana-de-açúcar é vegetativa, através de frações dos colmos adultos, contendo 3-4 gemas viáveis. Os toletes devem ser provenientes de canaviais bem nutridos e livres de pragas e doenças. O tolete é composto por nós e espaço entrenós. Os constituintes do nó são: gema, o anel de crescimento, a cicatriz foliar e a zona radicular (Figura 2). No nó estão os primórdios foliares e radiculares, que originam a parte aérea e o conjunto de raízes (AUDE, 1993).

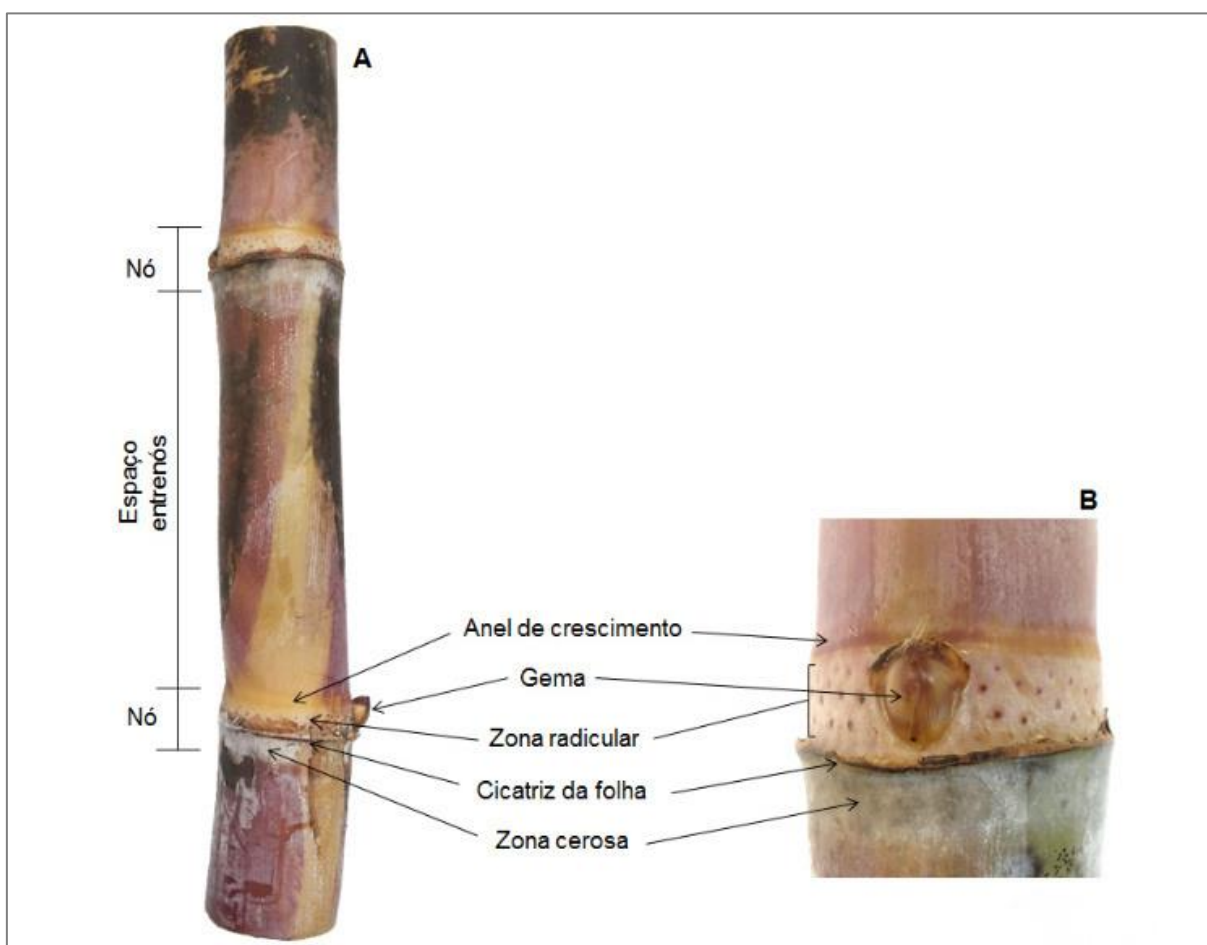


Figura 2. A) Tolete e B) Nó do tolete de cana-de-açúcar e suas partes. (Foto: André Luís Thomas).

De acordo com Gascho e Shih (1983), a cana-de-açúcar apresenta quatro diferentes estádios de desenvolvimento: 1) emergência (do plantio à brotação das gemas - 30 a 60 dias), 2) perfilhamento (da brotação das gemas ao final do perfilhamento - 60 a 90 dias), 3) crescimento da parte aérea ou desenvolvimento (do final do perfilhamento ao início da acumulação de açúcar - 180 a 210 dias) e 4) maturação (do início da acumulação de açúcar à maturação).

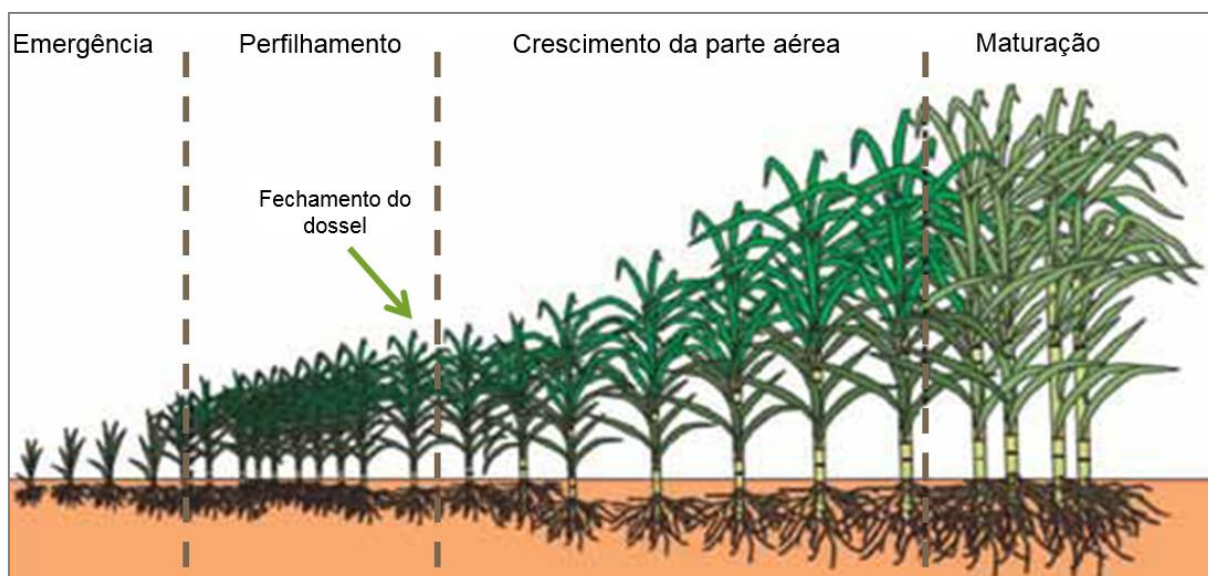


Figura 3. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. (YARABRASIL, 2016).

Na emergência o broto rompe as folhas da gema e se desenvolve rumo à superfície do solo. De forma simultânea a esse processo surgem as raízes do tolete. No perfilhamento ocorre a emissão de colmos por uma mesma planta e esses são denominados perfilhos (CASAGRANDE, 1991). O crescimento de parte aérea é estimulado pela luz, umidade e temperaturas mais elevadas. Desenvolve-se em altura e é iniciado o acúmulo de açúcar na base do colmo. O sistema radicular torna-se mais intenso e as folhas mais velhas começam a ficar amareladas e secam (BATISTA, 2013). Na maturação ocorre a formação de açúcares nas folhas e seu transporte e armazenamento no colmo (WATT et al., 2014).

3.3 ECOFISIOLOGIA DA CULTURA

A cana-de-açúcar é uma planta de metabolismo C4, sendo este definido, segundo Taiz et al., (2017), como um mecanismo de concentração de CO₂ nas células do mesófilo, onde são mobilizadas e transportadas na forma de uma molécula de quatro carbonos para descarboxilação nas células da bainha vascular. A fotossíntese C4 evoluiu como um dos principais mecanismos de concentração de carbono utilizados por plantas terrestres para compensar as limitações associadas a baixos níveis de CO₂ atmosférico. Algumas das culturas vegetais mais produtivas do mundo, a exemplo da cana-de-açúcar, usam esse mecanismo para aumentar a capacidade catalítica da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco).

Por ser uma planta C4, a cana-de-açúcar possui alta eficiência fotossintética e elevado ponto de saturação luminosa, ou seja, quanto maior a radiação solar, mais fotossíntese será realizada e, conseqüentemente, maior crescimento e o acúmulo de açúcar (MATA, 1993). Essa cultura se desenvolve e cresce satisfatoriamente em regiões mais quentes e com ampla variação de condições climáticas (THORBURN et al. 2003).

Para a cana-de-açúcar desenvolver satisfatoriamente, os três fatores que mais influenciam são: radiação solar, temperatura e água. Esses três fatores possuem efeito diretos sobre o comportamento fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de brotação, perfilhamento, crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade (MANHÃES et al., 2015). Ainda segundo os mesmos autores, a radiação solar está relacionada à fotossíntese e, conseqüentemente, ao acúmulo de açúcares, além de influenciar no perfilhamento. Ademais, os autores retratam que uma planta C4 necessita de altas intensidades luminosas, quando se tem elevadas taxas de radiação, os colmos ficam mais grossos e mais curtos e o perfilhamento intenso. Com relação à temperatura, o crescimento satisfatório dos colmos está entre 25 °C e 35 °C. Para valores abaixo de 20 °C e acima de 38°C o crescimento é praticamente nulo e acima de 35 °C, o crescimento é lento. (MANHÃES et al., 2015).

Já com relação à água, um suprimento adequado é essencial para o crescimento da cana, variando entre 1.500 e 2.500 milímetros, e que devem ser distribuídos de maneira uniforme durante o período de desenvolvimento vegetativo (DOORENBOS e KASSAM, 1979). A deficiência hídrica na fase inicial de desenvolvimento vegetativo limita significativamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade (ABREU, 2009).

3.4 VARIEDADE RB867515

A variedade RB867515 foi lançada oficialmente como variedade comercial em março de 1997, pela Universidade Federal de Viçosa. De forma geral, essa variedade apresenta hábito de crescimento ereto e despalha fácil. O perfilhamento é médio, apresentando colmos de diâmetro médio e de alta uniformidade. Os colmos possuem entrenós cilíndricos, de cor verde-arroxeados sob a palha, e roxo intenso quando expostos ao sol e apresentam poucas rachaduras, aspecto liso e com pouca cerra. O

anel de crescimento tem largura média. A zona radicular é de largura média, sem enraizamento aéreo. As folhas são de largura média, arqueadas, curvas e bordos com serrilhamento pouco agressivo. A bainha é de comprimento longo com quantidade de cera regular. Resultados obtidos em ensaios conduzidos em usinas e destilarias mostraram que essa variedade tem melhor desempenho em solos de textura leve e fertilidade média. Apresentado boa capacidade de brotação mesmo em plantio tardio sob baixas temperaturas. O teor de fibra é relativamente alto com média de 13% (RIDESA, 2010).

3.5 NUTRIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Para obtenção de uma alta produção, é indispensável a adoção de práticas agronômicas apropriadas, como o adequado manejo nutricional, sendo este um dos fatores que mais afetam produtividade da cana-de-açúcar e manutenção das socas (ISMAIL et al., 2016). Para maior eficiência e aproveitamento da planta com relação ao uso dos fertilizantes, fatores como a quantidade aplicada, forma de aplicação, condições do solo, como pH, umidade e tipo de solo, condições climáticas da região e características de cada cultura, como ciclo, variedade e capacidade de desenvolvimento de raízes, devem ser levadas em consideração (RAMALHO, 1983).

No geral, a cana-de-açúcar por produzir grande quantidade de massa, extrai do solo e acumula na planta grande quantidade de nutrientes. Com isso, deve-se conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo, e caso seja necessário, complementá-la com aplicação de fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2007). A aplicação adequada de fertilizantes é fundamental para o aumento da produtividade da cultura, pois os nutrientes participam da estrutura ou do metabolismo da planta, cuja ausência afeta de forma severa o crescimento e desenvolvimento da cultura (TAIZ et al., 2017).

A exigência nutricional da cana-de-açúcar também tende a mudar de acordo com seu estágio fenológico e para alcançar maiores potenciais da cultura é necessário atender as exigências da mesma (OLIVEIRA et al., 2007). Para suplementar as altas exigências da cultura, é necessário o apoio contínuo da pesquisa, com o incremento de novas tecnologias que busquem aumentar o seu potencial produtivo. Vários fertilizantes minerais têm sido desenvolvidos e testados na cana-de-açúcar. Tem-se como exemplo os fertilizantes minerais mistos, resultantes da mistura física de dois

ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos, com o objetivo de fornecer a planta macronutrientes primários, secundários e micronutrientes (REETZ, 2017).

A aplicação via foliar de nutrientes não é uma prática nova, no entanto, atualmente estudos mais detalhados têm sido realizados. Os fertilizantes foliares disponibilizam ingredientes ativos que podem promover maior eficiência nos processos metabólicos da planta, fazendo com que a cana-de-açúcar expresse o seu máximo potencial genético. Os macro e micronutrientes desempenham funções importantes no desenvolvimento e produtividade e sua aplicação foliar pode ser considerada uma ótima alternativa de adubação suplementar para essa cultura (NICCHIO et al., 2021). Ismail et al. (2016) observaram respostas significativas da aplicação de fertilizantes foliares que apresentavam macro e micronutrientes na produção de cana-de-açúcar, trazendo benefícios para próxima soqueira.

Várias são as vantagens da aplicação de fertilizantes mistos, como absorção mais rápida e eficaz dos nutrientes, resultando em um maior crescimento e desenvolvimento da planta (CHEMICAL, 2014), economia de trabalho na aplicação e a capacidade de reduzir a perda de nutrientes para o ambiente, quando em comparação com fertilizantes simples. Gurgel et al. (2016) observaram que os fertilizantes minerais mistos com ureia e com adição de 5% de ácido húmico, extraído da fonte 1, e 10%, extraído da fonte 2, bem como com a adição de 10% de zeólita, apresentaram os melhores resultados na mitigação da volatilização da amônia, com redução de até 38% nas perdas de N-NH_3 .

Nos últimos anos pesquisas direcionadas a área de fertilidade do solo e nutrição da cana-de-açúcar estão sendo realizadas, com objetivo de gerar informações para nortear o adequado manejo da cultura, para que a mesma possa expressar o seu potencial máximo e aumentar os lucros (CARDOSO et al., 2021). A aplicação de fertilizantes minerais mistos e sua influência na produtividade já foi constatado por El-Hadi (2015) que obteve aumento de até 30% na produção com aplicação dos micronutriente Zn, Fe e Mn + macronutriente N. Mazhar (2016) observou aumento de 10,5% na produção com tratamento NPK+Zn-B. Nicchio et al. (2020) constatou que aplicação de fertilizantes foliares na dose $1,56 \text{ kg ha}^{-1}$ de Micro + $5,18 \text{ L ha}^{-1}$ de N apresentou produção máxima estimada de açúcar em $13,8 \text{ t ha}^{-1}$ para variedade RB 85-5536.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido no período de julho de 2020 a setembro de 2021, na área experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias – CCA, Campus II, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, localizado no município de Areia – PB. O município de Areia está localizado na microrregião do Brejo Paraibano com latitude 6° 58' 12"S, longitude 35° 45' 15" W e uma altitude de 575 m. Segundo Köppen, o clima é classificado como As' ou quente úmido, com temperatura mínima de 18 °C e máxima de 29 °C, apresentando 1.400 mm de pluviosidade média anual, com maiores índices nos meses de março, abril, maio, junho e julho. O solo é classificado predominantemente como Argissolo Vermelho Eutrófico Típico (EMBRAPA, 2006).

4.2 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Foram aplicados três fertilizantes minerais mistos, todos em forma líquida, consistindo na combinação de macronutrientes e micronutrientes (Tabela 1). Os tratamentos consistiram da combinação desses três produtos, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 1. Composição dos produtos empregados no experimento.

Produtos	Composição (%)
A	6% P ₂ O ₅ + 1% Mo + 2% Zn
B	8% N + 25% P ₂ O ₅ + 0,1% B + 0,1% Cu + 0,2% Mn + 0,02% Mo + 0,2% Zn
C	4% N + 8% P ₂ O ₅ + 2% K + 0,3 % Mg + 1,0% S + 0,3% B + 0,5% Ca + 0,2% Cu + 2,0% Mn + 0,4% Mo + 0,5 Zn

Tabela 2. Tratamentos utilizados.

Tratamentos
T1 Testemunha
T2 0,5 L ha ⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha ⁻¹ Produto B (0 DAP)
T3

T4	1,0 L ha ⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha ⁻¹ Produto B (0 DAP)
T5	1,0 L ha ⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha ⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha ⁻¹ Produto C (0 DAP)
T6	1,0 L ha ⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha ⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha ⁻¹ Produto C (90 DAP)
	0,5 L ha ⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha ⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha ⁻¹ Produto C (90 DAP)

Os sulcos foram abertos de forma mecanizada a uma profundidade entre 20 e 30 cm. O plantio foi executado de forma manual com 15 gemas por metro linear, utilizando-se a técnica padrão pé e ponta, com distribuição uniforme dos colmos nos sulcos, que foram cortados em toletes com tamanho médio de 60 cm. Foi utilizada a variedade RB867515. Os produtos adquiridos em forma líquida, foram diluídos seguindo a medida recomendada por hectare e aplicados com o auxílio de bomba pulverizadora costal com capacidade para 20 L de calda. O experimento foi conduzido em condições de sequeiro. Os atributos químicos do solo da área experimental estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos químicos do solo da área experimental (0 - 0,20 m). Areia-PB, Brasil.

pH (em água)	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	MO
	mg dm ³		cmolc dm ³							g kg ⁻¹
5,9	1.46	25.26	0.07	4.50	0.0	3.69	2.04	5.86	10.37	46.83

(P e K): Extrator Mehlich-1; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; MO: matéria orgânica.

As avaliações ocorreram ao final do ciclo da cultura, no momento da colheita, aos 360 dias após o plantio (DAP). Para tais avaliações, foram demarcadas três plantas de cada parcela. As avaliações realizadas foram: altura de planta; número de colmos por metro linear; diâmetro do colmo; número de entrenós, sólidos solúveis (°Brix) e TCH, conforme descrito abaixo. Dentre as características avaliadas, foram analisadas:

4.2.1 Altura de planta

Foi obtida altura de plantas através das medições desde a superfície do solo até a folha +1 com auxílio de uma trena. Os dados foram obtidos em centímetros.

4.2.2 Número de colmos por metro linear

Foi contabilizado o número de colmos existente nos dois sulcos centrais da parcela, em seguida dividido pelo tamanho dos dois sulcos obtendo assim a quantidade de colmos por metro.

4.2.3 Diâmetro do colmo

O diâmetro médio do colmo foi mensurado com auxílio de paquímetro manual, com base na amostragem de 3 pontos de cada colmo. Os dados foram obtidos em milímetros.

4.2.4 Número de Entrenós

Foi mensurado o número de entrenós da base do colmo até o início do palmito.

4.2.5 Sólidos solúveis Totais (°Brix)

O Teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) foi determinado com auxílio de um refratômetro de campo, através da média do teor da parte basal e apical da planta.

4.2.6 Produtividade (TCH)

O rendimento da cultura de cana-de-açúcar foi expresso em tonelada de cana por hectare (TCH). O mesmo foi determinado no momento da colheita com auxílio de uma balança industrial, para realização da pesagem das plantas presentes nas parcelas, com valores adquiridos em quilogramas (kg) e posteriormente aplicados na fórmula de Mariotti e Lascano (1969) apud. Arizono et al., (1998), conforme descrita a seguir:

$$\text{TCH} = \text{MTP} \times 10 / \text{AUP}$$

Em que: TCH = tonelada de cana por hectare.

MTP = massa total da parcela (kg).

AUP = área útil da parcela (m²).

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar a diferença entre os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 4) verificou-se que com exceção para número de entrenós, houve diferença significativa pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para todas as demais variáveis analisadas em cana-de-açúcar quando submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALT), número de colmos por metro linear (NC), diâmetro do colmo (DC) e número de entrenós (NE), sólidos solúveis (°Brix) e tonelada de cana por hectare (TCH) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.

FV	GL	Quadrado médio					
		ALT	NC	DC	NE	°Brix	TCH
Bloco	3	0,07*	0,007 ^{ns}	6,5**	0,48 ^{ns}	2,07 ^{ns}	70,63 ^{ns}
Tratamentos	5	0,08**	0,082*	7,6**	1,63 ^{ns}	5,18*	250,44*
Resíduos	15	0,016	0,018	1,53	1,004	1,63	63,32
CV %		5,6	4,4	7,1	4,5	5,8	10,39

*** significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Para altura de planta (ALT), os maiores valores foram observados com aplicação do tratamento T3, no entanto, o mesmo não diferiu dos tratamentos T1, T2, T5 e T6, apresentando diferença apenas do tratamento T4. Para variável número de colmos por metro linear (NC), constatou-se que o T1 apresentou a maiores médias, mas o mesmo não diferiu dos tratamentos T3, T4, T5 e T6. Com relação ao diâmetro do colmo (DC), os tratamentos T3 e T6 foram os que proporcionaram maiores incrementos. Para números de entrenós não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Altura de planta (ALT), número de colmos por metro linear (NC), diâmetro do colmo (DC) e número de entrenós (NE) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos.

Tratamentos	Variáveis			
	ALT (m)	NC	DC (mm)	NE
T1	1,7 ab	15,75 a	2,44 ab	17,7 a
T2	1,8 ab	11,75 b	2,21 b	18,9 a
T3	2,0 a	12,75 ab	2,53 a	17,5 a
T4	1,6 b	13,75 ab	2,26 ab	17,3 a
T5	1,8 ab	14,25 ab	2,49 ab	17,2 a

T6	1,9 ab	14,25 ab	2,54 a	17,9 a
----	--------	----------	--------	--------

Médias com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).
 Tratamentos: T1 - Testemunha absoluta; T2 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T3 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T4 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (0 DAP); T5 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP); T6 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP).

Para aumento produtividade é de fundamental conhecer o estado nutricional da planta. Com aplicação de fertilizantes Cardoso et al., (2021) observaram acréscimos na contagem de perfilhos, diâmetro do colmo, produtividade, volume de calda e °Brix, como constatado na presente pesquisa. Segundo Cruz et al., (2019), esse acréscimo no crescimento da planta após aplicação dos fertilizantes mistos é devido uma maior disponibilidade e heterogeneidade de nutrientes, permitindo um aumento no rendimento da cultura. Ismail et al. (2016) relataram que aplicação de macronutrientes aliados aos micronutrientes geram resultados positivos por proporcionar melhor absorção pela planta. A aplicação de fertilizantes mistos vem também proporcionando um aumento significativo no crescimento e desenvolvimento de outras culturas, a exemplo de milho (OLIVEIRA, 2018) e arroz (CRUZ et al., 2019).

Para a variável °Brix observou-se a maior média com aplicação do tratamento T5, e este diferiu estatisticamente somente do T1 (controle) (Figura 4). A nutrição é um dos fatores que contribuem para aumento da capacidade da planta de reter açúcares nos colmos, proporcionando a indução de sacarose, podendo induzir a maturação (GHELLER, 1999).

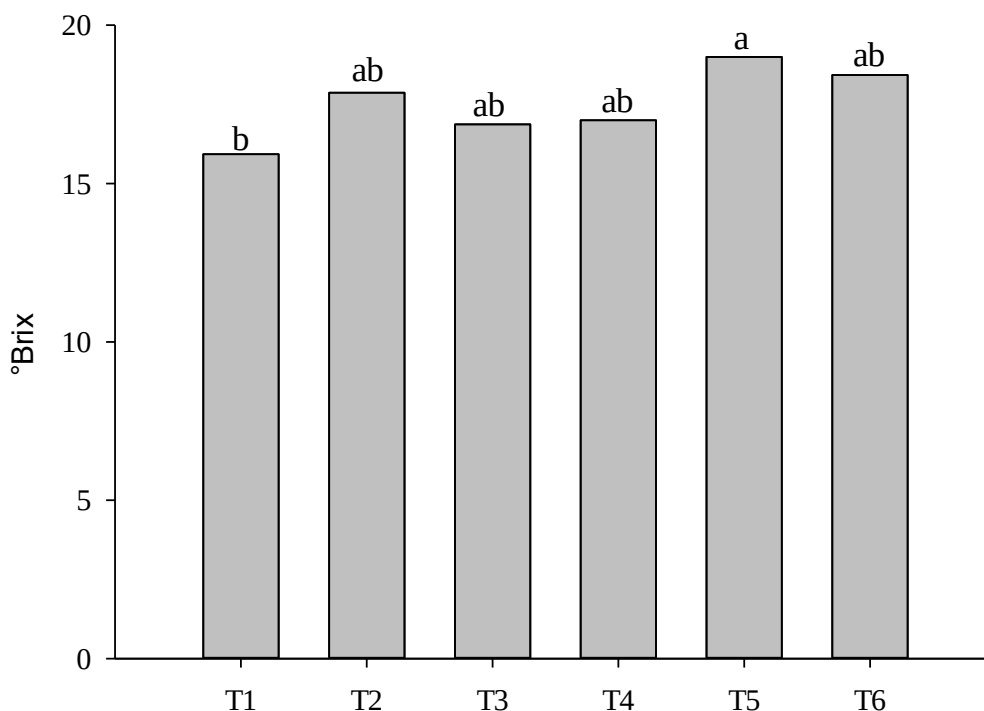


Figura 4. °Brix de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida à aplicação de fertilizantes minerais mistos. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). T1 - Testemunha absoluta; T2 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T3 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T4 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (0 DAP); T5 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP); T6 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP).

Para a variável tonelada de cana por hectare (TCH), o tratamento T3 proporcionou o maior incremento, com valores médios de 87,67 t.ha⁻¹, no entanto, esse valor não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos com fertilizantes mistos, diferindo somente do T1 (controle), que apresentou produtividade de 65,0 t.ha⁻¹. Observou-se incrementos 24,14 % com aplicação do tratamento T3 em comparação ao controle (Figura 5).

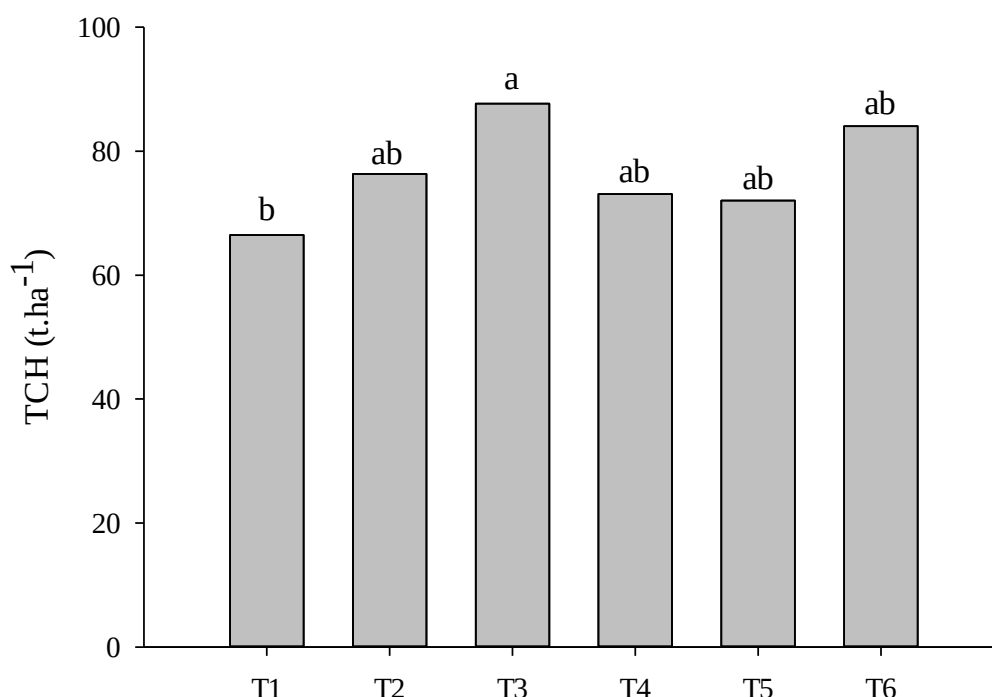


Figura 5. Tonelada de Cana por hectare (TCH) de cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida a aplicação de fertilizantes minerais mistos. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). T1 - Testemunha absoluta; T2 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T3 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP); T4 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (0 DAP); T5 - 1,0 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP); T6 - 0,5 L ha⁻¹ Produto A (0 DAP) + 2,0 L ha⁻¹ Produto B (0 DAP) + 1,0 L ha⁻¹ Produto C (90 DAP).

El-Hadi (2015) ao avaliar aplicação de macro (N, P e K) e micronutrientes (Zn, Fe e Mn) via foliar em cana-de-açúcar verificaram um incremento na produção de colmos em até 20% e de açúcar de até 30%. Mazhar (2016) ao aplicar macro e micronutrientes na cana-de-açúcar, observou produção máxima de 100,3 t.ha⁻¹ com tratamento NPK+Zn-B. Ismail et al. (2016) constataram valores de TCH 69,5 t.ha⁻¹ de após a aplicação foliar tardia de macro e micronutrientes, sendo o mesmo 10,5% maior em comparação ao tratamento controle (62,18 t.ha⁻¹ de TCH), proporcionando benefícios para próxima soqueira de cana.

Para maior eficiência e aproveitamento da planta com relação ao uso dos fertilizantes, alguns fatores devem ser levados em consideração, como a quantidade de aplicação (RAMALHO, 1983). Nicchio et al. (2020) ao aplicar fertilizantes mistos via foliar na cana, não observaram diferença para altura de planta, diâmetro de colmos, toneladas de colmos por hectare e toneladas de açúcar por hectare. Esses autores justificam que a falta de respostas pode ser devido a realização de aplicação única (entre 180 e 200 dias após rebrota da cana), não sendo suficiente para apresentar respostas nas variáveis analisadas. Abd El-Hadi (2015) observou resultados positivos ao realizar três aplicações (45, 90 e 135 dias) na cana-de-açúcar.

6 CONCLUSÃO

O tratamento T3, que consiste nas combinações de 1,0 L ha⁻¹ de 6% P₂O₅ + 1% Mo + 2% Zn + 2,0 L ha⁻¹ de 8% N + 25% P₂O₅ + 0,1% B + 0,1% Cu + 0,2% Mn + 0,02% Mo + 0,2% Zn, proporciona os maiores incrementos para cana-de-açúcar em primeiro ciclo.

Evidencia-se a necessidade de realização de pesquisas em diferentes anos agrícolas, a fim de obter resultados que possam comprovar o potencial dos fertilizantes utilizados nas condições testadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.S. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 66f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Agronomia). Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.
- AUDE, M. I. D. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência rural**, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.
- BATISTA, L. M. T. **Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos**. 2013. 125p. (Dissertação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 2013.
- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; KUHN, P. R. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica**, v. 44, n. 2, p. 207-217, 2014.
- CARDOSO, B. C.; PALAVICINI, A. L. S.; MANTOVANI, A.; CHIAMOLERA, D. L.; ZILIO, M.; FELICIO, T. P. Rendimento de cana-de-açúcar e graus Brix em função de diferentes formas de adubação. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 4, 2021.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.
- CARVALHO, D. J.; MORETTI, R. R.; COLODETTE, J. L.; BIZZO, W. A. Assessment of the self-sustained energy generation of an integrated first and second generation ethanol production from sugarcane through the characterization of the hydrolysis process residues. **Energy Conversion and Management**, v. 203, e0112267, 2020
- CHEMICAL AGROINDUSTRIAL. **Linha Agrícola**. Fertilizantes Minerais Mistos. All Rights Reserved 2014. Disponível em: <https://www.chemical.agr.br>. Acesso em: Setembro de 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 30 setembro 2021.
- CRUZ, A. M. N.; ALMEIDA, E. P. D.; SANCHES, R. E.; BIDO, G. D. S. Efeito de diferentes fertilizantes em função da adubação via foliar no arroz irrigado. In: Encontro Internacional de Produção Científica. **Anais...**, 2019.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and drainage paper**, v. 33, p. 257, 1979.
- EL-HADI, A. H. A. Effect of Zn, Mn and Fe-Chelates and some Different Foliar Fertilizers on the Production of Wheat, Potato and Sugarcane under Egyptian

Conditions. **Advances in Environmental Biology**, Madri, v.9, n.24, p.229-233, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). **Crop-water relations**. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

GHELLE, A. C. Fatores que afetam o desempenho de maturidade e reguladora de crescimento em cana-de-açúcar. In: Semana da cana-de-açúcar de Piracicaba, 4. **Anais...**, Piracicaba, p. 16-19, 1999.

GROTTO, C. G. L.; COSTA, A. M. F.; COLARES, C. J. G.; PEREIRA, D. H. Caracterização da biomassa de bagaço de cana-de-açúcar com vistas energéticas. **ForScience**, v. 9, n. 1, p. e00928-e00928, 2021.

GURGEL, G. C. D. S.; FERRARI, A. C.; FONTANA, A.; POLIDORO, J. C.; COELHO, L. D. A. M.; ZONTA, E. Volatilização de amônia proveniente de fertilizantes minerais mistos contendo ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1686-1694, 2016.

ISMAIL, M.; AHMAD, T.; ALI, A.; NABI, G.; HAQ, N. U.; MUNSIF, F. Response of sugarcane to different doses of Zn at various growth stages. **Pure and Applied Biology**, v.5, n.2, p.311-316, 2016.

MAGRO, F. J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P. E.; TAKAMATSU, S. Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Produção Vegetal, ESALQ, Piracicaba, 2011. 18p.

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

MARAFON, A. C. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2011. 50p.

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

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.

MATA, J. F. **Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar**. 1993.

MAZHAR, S. Impact of zinc and boron application on growth, cane yield and recovery in sugarcane. **Life Sciences International Journal**, v.10, n.1, p.30-37, 2016.

NICCHIO, B.; SANTOS, G. A.; LINO, A. C. M.; RAMOS, L. A.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 10-24.

OLIVEIRA, A. P. D. S. **Produção do milho em função da adubação mineral e organomineral**. 2018.

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.

RAMALHO, M. A. P. Mecanização do cultivo consorciado de milho e feijão. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1983.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021. <https://www.R-project.org/>.

REETZ, H. F. Fertilizantes e o seu uso eficiente. **São Paulo: ANDA**, 2017. 178p.

RIDESA, Brasil. Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar. **Curitiba: Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**, p. 41, 2010.

RODRIGUES, G. S. D. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. EDUFU, 2020. 272p.

SILVA, M. A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v.51, p. 457-466, 2004.

SILVA, W. K. M.; NEVES, T. I.; DE SOUZA SILVA, C.; CARVALHO, M.; ABRAHÃO, R. Sustainable enhancement of sugarcane fertilization for energy purposes in hot climates. **Renewable Energy**, v. 159, p. 547-552, 2020.

SOUZA, J. K. C.; OLIVEIRA, F. M.; NETO, J. D.; SOUZA, M. M. A.; AZEVEDO, C. H. F.; MENDES, H. C.; ANDRADE, R. M. N. Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 7-12, 2015.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. 858 p.

THORBURN, P. J.; DART, I. K.; BIGGS, I. M.; BAILLIE, C. P.; SMITH, M. A.; KEATING, B. A. The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation. **Irrigation Science**, v. 22, p. 201-209, 2003.

WATT, D. A.; McCORMICK, A. J.; CRAMER, M. D. Source and Sink Physiology. In. MOORE, P. H.; Botha, F. C. (Eds.), **Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology**. Oxford: Willey Blackwell, 2014. p.483-520.