



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

JOSÉ FERNANDES FERREIRA JUNIOR

EFICIÊNCIA DE USO DE N E DESENVOLVIMENTO DA
CANA-DE-AÇÚCAR SOB FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJO

RECIFE,

2023

JOSÉ FERNANDES FERREIRA JUNIOR

EFICIÊNCIA DE USO DE N E DESENVOLVIMENTO DA
CANA-DE-AÇÚCAR SOB FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJO

Equiparação do PIBIC apresentado ao curso de
Bacharelado em Agronomia da UFRPE.

Orientador (a):
Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

RECIFE,

2023

RESUMO

A cana-de-açúcar se destaca no cenário agrícola Brasileiro, por ser a percussora de produtos alimentícios e energéticos como o açúcar e o álcool, tendo assim uma grande importância socioeconômica. A cultura necessita de um adequado suprimento de nitrogênio e disponibilidade de água para o seu bom desenvolvimento, bem como para atingir altas produtividades. O déficit hídrico é um dos problemas que mais afetam à cultura cultivada em sequeiro no Brasil, resultando em baixas produtividades. A fertirrigação por gotejo subsuperficial promove a aplicação precisa de nutrientes garantindo um melhor desenvolvimento das plantas e consequentemente maior produtividade. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) ao longo do ciclo produtivo da cana-soca cv. RB92579 cultivada sob fertirrigação por gotejo subsuperficial. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições. Foram avaliadas variáveis biométricas (altura, perfilhamento, diâmetro do colmo) e o índice SPAD na folha +1 ao longo do ciclo. Os atributos biométricos mostraram diferença significativa entre a dose de 0 kg N ha⁻¹ e as demais doses aplicadas (100, 200 e 300 kg ha⁻¹) em três das quatro avaliações (149, 210 e 257 DAC). Mesmo não apresentando diferença, a altura da planta aumentou com a aplicação de doses crescente de nitrogênio via fertirrigação por gotejamento subsuperficial. As doses crescentes também influenciaram nas leituras de índice SPAD no decorrer do ciclo da cultura onde os maiores valores foram obtidos mediante a aplicação das maiores doses de N. O maior TCH foi obtida com a dose de 300 kg ha⁻¹ alcançando 113,08 Mg ha⁻¹. Resultando em um incremento de TCH de 4,34; 14,05 e 49,65 Mg ha⁻¹ em relação as doses de 200 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e a não aplicação de N. o mesmo foi observado para o TPH que alcançou produção de açúcar de 14,11 Mg ha⁻¹, mostrando incrementos de menos de 1 Mg ha⁻¹ de açúcar em relação a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. e de 1,7 e 6,28 de kg ha⁻¹ de açúcar quando comparado com a dose 100 e a não aplicação de N. Apesar de o parâmetro ATR não ter mostrado diferença estatística entre as doses testadas, foi possível observar que quando maior a dose de N aplicada menor foi o valor de ATR. É possível perceber uma queda na biomassa de colmo entre os 204 e 272 DAC que pode está ligado ao florescimento da cana-de-açúcar que iniciou por volta dos 200 DAC.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, nutrição mineral, Índice SPAD, RB92579.

1. Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma cultura que possui alto valor econômico para o Brasil e para o mundo, por ser a commodity precursora de importantes produtos no mercado mundial como açúcar, álcool e energia elétrica e (SILVA et al., 2014). No Brasil, o setor sucroenergético movimentar mais de US\$ 10,26 bilhões e contribuindo com a geração de mais de 500 mil empregos formais (MAPA, 2021) partir da exportação de açúcar e biocombustíveis. Na safra 2021/2022, espera-se que o Brasil colha mais de 568 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e contribua com 19,35% da produção mundial de açúcar e 25,77% da produção de etanol (CONAB, 2022).

O etanol é um dos principais produtos da cana-de-açúcar que tem ganhado destaque nas últimas décadas devido a importância dos biocombustíveis. O uso do etanol contribui para reduzir as emissões de gases do efeito estufa a partir da redução do uso combustíveis fósseis. Entre as culturas com potencial de produção de biocombustíveis, a cana-de-açúcar se destacar por apresentar um balanço energético na produção de biocombustíveis superior em relação a demais culturas.

O balanço energético estabelece uma relação entre a unidade de energia renovável produzida por unidade de energia fóssil consumida no processo produtivo. Na cana-de-açúcar o balanço energético é de 9,3 MJ t⁻¹ enquanto que no milho, trigo e o sorgo sacarino o balanço energético apresenta 1,3; 2,0 e 4,0 MJ t⁻¹ respectivamente. Isso mostra o potencial da cana-de-açúcar em aumentar a produção de biocombustíveis, a partir do etanol, para atender ao mercado mundial (MACEDO e SEABRA 2008).

No Brasil, a produtividade da cana-de-açúcar é limitada pelas condições edafoclimáticas das regiões produtoras. As regiões brasileiras produtoras de cana-de-açúcar são caracterizadas pela frequência de déficit hídricos causados pela irregularidade e/ou escassez de chuvas. No Nordeste a precipitação pluviométrica insuficiente e distribuída de forma irregular no decorrer do ano. Esse fator atrelado a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos sob cultivo de cana-de-açúcar afetam a produtividade deixando-a abaixo da média nacional que foi de 75,96 Mg ha⁻¹ na safra 2020/21 (CONAB, 2021).

A deficiência hídrica durante as fases de crescimento e desenvolvimento pode levar a reduções expressivas na produtividade de colmos e açúcar, mesmo a cana-de-açúcar

sendo uma cultura de clima tropical, adaptada a várias condições adversas como, altas temperaturas e um curto período de estresse hídrico, (DANTAS NETO et al., 2006). Em regiões suscetíveis a longos períodos de escassez hídrica, a irrigação pode contribuir com o aumento da produtividade.

Para que se atinja altas produtividades é importante que a irrigação seja combinada com outras práticas de manejo agrícola como a adubação. Visto que o adequado manejo de nutrientes proporciona um melhor desenvolvimento, estabelecimento e longevidade dos canaviais (GONÇALVES et al., 2020; DALRI, et al., 2008). Entre os nutrientes que podem ser utilizados no manejo da irrigação se destaca o nitrogênio, um dos mais limitantes nos canaviais de solos tropicais com baixo teor de matéria orgânica.

A quantidade de N disponível a cultura da cana-de-açúcar tem grande influência no seu desenvolvimento. Um adequado manejo da adubação nitrogenada resulta em altas produtividades e aumento da longevidade dos canaviais. (BARTH et al., 2020; GONÇALVES et al., 2020). Oliveira et al. (2010), destacou que a demanda nutricional em condições de irrigação plena da variedade RB 92579 é de 1,02 kg Mg⁻¹ de N. Segundo Franco et al., (2011) a adubação nitrogenada desempenha um importante papel, principalmente, nas fases iniciais do ciclo da cana-de-açúcar, no entanto, a resposta ao N-fertilizante tende a diminuir, ao longo do ciclo devido a contribuição de outras fontes de N presentes no solo (FRANCO et al. 2011).

A baixa resposta ao N proveniente do fertilizante é mais perceptível na cana-planta. A cana-soca é mais responsiva a adubação nitrogenada devido a alguns fatores que ocorrem durante o seu ciclo como a maior compactação do solo, que resulta em uma menor atividade microbiana que afeta de forma negativa tanto a mineralização do N orgânico quanto a fixação do N atmosférico. Também, e a decomposição dos restos culturais de alta relação C/N, proveniente das safras anteriores, promove a imobilização do N presente no solo fazendo com a soqueira tenha em uma rápida resposta mediante a qualquer adição de N (SARTORI, 2010).

A adubação convencional da cana-de-açúcar é realizada, para cana-planta, com a aplicação de parte dos fertilizantes durante o plantio e o restante em cobertura, enquanto que para cana-soca a adubação é realizada exclusivamente em cobertura. A limitação desse manejo é que a aplicação de altas doses de fertilizantes em baixas frequências pode levar a lixiviação de nutrientes, principalmente nitrato (NO₃⁻) e potássio (K⁺), para áreas em que o sistema radicular não consiga alcançar (VITTI et al., 2005). Essa forma de

adubação reduz a eficiência da adubação, gera perdas econômicas e pode provocar impactos ambientais, como a contaminação de corpos hídricos (FREITAS et al., 2007).

A fertirrigação pode ser uma ferramenta eficiente para mitigar os efeitos do déficit hídrico e aumentar a eficiência das adubações na cana-de-açúcar. RIBEIRO (2018) constatou um aumento considerável da produtividade de TCH, em cana-de-açúcar submetida a irrigação por gotejo subsuperficial quando comparado ao manejo de sequeiro. Nesse estudo a cana-de-açúcar irrigada obteve valores próximos a 120 t ha^{-1} enquanto a cana cultivada em sequeiro pouco passou das 80 t ha^{-1} , condição que pode ser atribuída ao adequado planejamento hídrico e nutricional da lavoura (DALRI et al., 2008) O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada por meio da fertirrigação por gotejo subsuperficial no cultivo de cana-de-açúcar.

2. Revisão de Literatura

2.1. A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta pertencente à família *Poaceae* que teve sua origem no Sudoeste Asiático, nas regiões entre a Nova Guiné e Indonésia. Segundo Horri (2004), a domesticação da cana-de-açúcar foi realizada cerca de 8.000 A. C. por horticultores neolíticos.

As primeiras mudas de cana-de-açúcar foram introduzidas no Brasil a partir do ano de 1532 por Martim Afonso de Souza, no que hoje é o estado de São Paulo, sendo trazidas de regiões que possuíam condições climáticas semelhantes às do Brasil como a ilha da Madeira. A presença da cana-de-açúcar no Brasil, impulsionou a formação dos primeiros engenhos açucareiros e impactou as relações socioeconômicas no país até os dias atuais (Miranda, 2008).

Atualmente as plantas cultivadas são formadas por um complexo de híbridos interespecíficos de espécies do gênero *Saccharum*, desenvolvidas por programas de melhoramento genético em todo o mundo, com destaque para o *S. officinarum*, conhecida pelo seu elevado teor de sacarose (MOORE; PATERSON; TEW, 2014). Estes programas de melhoramento buscam desenvolver híbridos por meio de cruzamentos biparentais ou policruzamentos, entre plantas ou variedades já melhoradas (MACHADO JUNIOR et al., 2015). Esses Híbridos apresentam alta produção de biomassa, resistência a pragas, doenças, e são adaptadas as diversas condições edafoclimáticas das várias regiões produtoras. (MATSUOKA; FERRO; ARRUDA, 2009).

Entre os países produtores de cana-de-açúcar Brasil se destaca como maior produtor, seguido por Índia, China e Tailândia. Um dos fatores que garantem essa posição ao Brasil é a possibilidade de duas safras ao ano, cultivadas nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, garantindo a produção de açúcar e etanol para os mercados internos e externos (UNICA, 2017).

A companhia nacional de abastecimento (CONAB) estima a produção de cana-de-açúcar no Brasil em cerca de 568,4 milhões de toneladas na safra 2021/22, o que representa uma queda de 13,2% na comparação com a produção de 654,5 milhões de toneladas na safra anterior, devido a uma redução de 4,1% na área colhida e de 9,5% na produtividade dos canaviais. Conseqüentemente, a produção de açúcar e etanol deve recuar 17,8% e 16,6% respectivamente, com produções estimadas em 33,9 milhões de toneladas de açúcar e 24,8 milhões de m³ de etanol.

No Nordeste a variedade RB92579 é atualmente a mais cultivada (AZEVEDO, 2019), sendo caracterizada como uma variedade de desenvolvimento inicial lento e de maturação média a tardia, apresenta ótima brotação, alto perfilhamento e elevada produção tanto de colmos quanto de sacarose. No entanto, trata-se de uma variedade que possui uma alta exigência em nutrientes para alcançar tais índices de produtividade. (RIDESA, 2015).

2.2. A importância do nitrogênio

Atualmente, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, estando entre os quatro maiores consumidores junto com a China, Índia e Estados Unidos. Segundo a companhia nacional de abastecimento (CONAB, 2021) as importações de fertilizantes pelos produtores brasileiros atingiram nível recorde no ano de 2021, chegando a 41,6 milhões de toneladas.

Em plantas, o N é componente estrutural de nucleotídeos, aminoácidos, proteínas, enzimas e clorofilas, o que faz do N um nutriente importante no metabolismo vegetal. O N é absorvido pelas raízes, principalmente, na forma de amônio e nitrato. Na cana-de-açúcar o N é um dos nutrientes que mais limita a produtividade da cultura. Assim, suprir a demanda nutricional de N pode proporcionar regulação metabólica e ganhos na produtividade de cana-de-açúcar (YANAI et al., 2010). A adequada disponibilidade de N é essencial durante todo o ciclo fenológico da cana-de-açúcar, que tem o seu crescimento e desenvolvimento limitado à quantidade de N disponível. Esse nutriente tem um importante papel nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura estimulando o perfilhamento e a produção de biomassa (RHEIN, 2012). Em pesquisa realizada no Nordeste Santana (2017) verificou que a dose máxima eficiência econômica foi de 60,0 kg ha⁻¹ para a RB92579 que atinge máximas produtividades com doses de 129,0 kg ha⁻¹. Nos canaviais brasileiros, a demanda nutricional da cana-de-açúcar é suprida com fertilizantes nitrogenados em doses de 60 a 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N (URQUIAGA et al., 2012), sendo 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N a dose recomendada para a cana-soca, conforme verificou CALVACANTE et al. (2008). Ainda assim, FRANCO et al., (2010), destaca que a adubação excessiva de N ocasiona uma produção vegetativa acentuada no período de maturação e isso traz como consequência uma redução do açúcar total recuperável com doses superior a 120 kg ha⁻¹ de N.

De todo o nitrogênio aplicado anualmente na cana-de-açúcar, cerca de 32% é imobilizado na matéria orgânica do solo e apenas 26% absorvido pela planta, o N que não

é absorvido pode ser perdido, de diferentes maneiras, sendo as principais a lixiviação e volatilização. As perdas de N contribuem para reduzir a recuperação do N fertilizante pela cana-de-açúcar (OTTO et al., 2016).

A baixa eficiência na recuperação do N fertilizante pela planta está associada a uma incompatibilidade entre a época de aplicação do fertilizante e o período de maior demanda de N pela cultura (BRACKIN et al., 2015). Isso reduz a eficiência da adubação nitrogenada. Assim, é importante implementar formas de manejo que melhore a recuperação de N fertilizante pela cultura e reduza as suas perdas.

2.3. Importância da irrigação para a cultura da cana-de-açúcar

A frequência e a intensidade do déficit hídrico são um dos principais fatores que limitam a produção agrícola mundial (CATTIVELLI et al. 2008), já que a molécula de água tem sua importância na cadeia de transporte de elétrons do fotossistema II. Durante o processo de fotossíntese, em condição de déficit hídrico, a planta reduz a capacidade de fotossintetizar, já que, em condição de déficit hídrico a assimilação de C e o ganho de biomassa são comprometidos devido a redução da taxa de fotossíntese é reduzida. A água é um elemento crucial para a fotossíntese, visto que a fotólise da molécula de água no fotossistema II é extremamente importante para a cadeia de transporte de elétrons até o fotossistema I. A falta de água implica numa redução do transporte de elétrons, capturado da molécula de água (do H⁺). Quando a planta não consegue realizar a fotólise da água, a segunda etapa da fotossíntese, a assimilação de C pode ser comprometida, ocasionando uma redução das trocas gasosa, condição que contribui diretamente para reduzir a assimilação de C e produção de fotoassimilação. e como o crescimento e desenvolvimento é influenciado pela fotossíntese acaba por influência também na produtividade.

A cana-de-açúcar é cultivada sobre diversas condições edafoclimáticas e dentre esses fatores, a deficiência hídrica é um dos que mais causam efeitos nocivos ao seu desenvolvimento já que 30% de seu peso é composto por matéria seca e 70% por água, dependendo do estágio fenológico (RHEIN, 2012). Esses problemas causados pela diminuição da disponibilidade de água no solo são muito comuns nos canaviais brasileiros, pois, não se limitam apenas às regiões áridas e semiáridas, já que em regiões produtoras consideradas de clima úmido a distribuição, tanto irregular quanto insuficiente

das chuvas, pode limitar o crescimento e desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2014).

A demanda hídrica acumulada da cana-de-açúcar longo de seu ciclo é de 1.500 a 2.500 mm (PINTO et al., 2020), sendo a fase de desenvolvimento vegetativo a mais exigente (TEJERA et al., 2007) De acordo com Silva et al., (2012), a demanda hídrica da cana-de-açúcar pode ser influenciada por diversos fatores, como: condições ambientais, manejo agrícola, e variedade plantada.

Essa demanda hídrica também varia de acordo com as fases fenológicas da cultura (GAVA et al., 2011). O consumo diário de água para a cana-de-açúcar, nas principais regiões produtoras, está entre 2 a 6 mm/dia, variando de acordo com a variedade e o estágio fenológico em que a cultura se encontra (BERNARDO, 2005), e a relação entre o consumo de água e a produção da cana-de-açúcar chega a ser 12:1 mm t⁻¹ (PERES, 1988). Portanto, a disponibilidade de água no solo é um dos fatores ambientais mais influentes na produção da cultura.

Segundo Doorembos e Kassam (1979) os efeitos nocivos decorrentes da deficiência hídrica variam de acordo com o estágio fenológico da cultura. A cana-de-açúcar apresenta uma alta demanda hídrica no período de perfilhamento e de rápido crescimento (RAMESH, 2000; MACHADO et al., 2009). Segundo Pires et al. (2008) nesse estágio fenológico a cana-de-açúcar está mais suscetível ao déficit hídrico, já que o rápido desenvolvimento, e a presença de uma expressiva área foliar requerem uma maior quantidade de água para viabilizar a troca de gases no processo de fotossíntese. Em contra partida, o período de maturação responde positivamente ao déficit hídrico, no quesito industrial pois induz ao acúmulo de sacarose no colmo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

2.4. Fertirrigação por gotejo

A maioria das culturas Brasileiras são cultivadas predominantemente em condições de sequeiro. A baixa disponibilidade de nutrientes nos solos sob cultivo da cana-de-açúcar e a deficiência hídrica, interferem no desenvolvimento da cultura durante todo o ciclo da produtivo (LANDELL et al., 2014).

Com a irrigação é possível obter maiores rendimentos, melhor qualidade do produto e independência das chuvas (DALRI et al., 2008). Sem o uso de irrigação e adubação, a

produção agrícola pode ser significativamente afetada na quantidade de biomassa produzida e qualidade do produto.

A utilização correta da adubação e irrigação em conjunto, atreladas a condições climáticas favoráveis podem colaborar para melhorar o desenvolvimento e rendimento das culturas (CORREIA et al., 2014).

A fertirrigação consiste na tecnologia de aplicação de nutrientes via a água de irrigação, com os fertilizantes distribuídos durante o ciclo produtivo da cultura, podendo ser utilizada com qualquer sistema de irrigação. Na fertirrigação é preferível utilizar sistemas mais uniformes que permitam uma maior eficiência da aplicação de água e nutrientes.

A aplicação por gotejo subsuperficial se destaca por atender a todos esses critérios. Ela apresenta uma alta eficiência de aplicação devido às reduzidas perdas de água, juntamente com a menor evaporação e escoamento superficial (HEMALATHA et al., 2013). Callegari et al. (2012) afirmaram que a fertirrigação reduz as perdas de nutrientes em 25 a 50%, principalmente devido ao fracionamento da adubação em várias aplicações durante o ciclo da cultura.

A fertirrigação tem demonstrado um maior rendimento além de uma maior qualidade do produto em diversas culturas, como hortaliças e frutas, (FARNESELLI et al., 2015). Na cultura da cana-de-açúcar a fertirrigação por gotejamento subsuperficial destaca-se por aumentar a eficiência de uso de nutrientes, permitindo aplicar os fertilizantes no decorrer do ciclo, atendendo a demanda nutricional de cada fase fenológica da cultura.

Segundo Ohashi et al. (2015) o sistema de fertirrigação por gotejo subsuperficial apresenta a vantagem de economizar água e nutrientes devido à restrição do volume de solo molhado na região onde ocorre a maior atividade do sistema radicular, essa região corresponde a camada de 0,0 a 20,0 cm, onde está localizado cerca de 61% da biomassa radicular de cana-de-açúcar (SILVA-OLAYA, CERRE E CERRE, 2017)

Souza et al. (2012) constataram que a irrigação por gotejamento subsuperficial tem proporcionado produtividades de colmos de até 190 Mg ha⁻¹ no Nordeste, isso representa ganhos de mais de 112 Mg ha⁻¹, em relação ao sistema convencional, em quanto que o sistema com aspersão convencional, utilizado como irrigação de salvamento, apresentam ganho médio de colmos de 5,4 Mg ha⁻¹ considerando a safra 2010/2011 com média de 77,4 Mg ha⁻¹

A maior eficiência de uso de água e fertilizantes proporcionado pelo sistema de fertirrigação por gotejo subsuperficial possui uma importância tanto econômica quanto

ambiental. Esse sistema proporciona um menor risco de contaminação ambiental pelo uso indiscriminado de fertilizantes, trazendo consigo uma agricultura mais sustentável e com ganhos agronômicos (PAPADOPOULOS, 1999; BUTLER et al., 2002).

3. Objetivos

3.1. Geral

Avaliar os efeitos de uso da adubação nitrogenada aplicada por fertirrigação em gotejo subsuperficial nas diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar conduzida sob gotejamento.

3.2. Objetivos Específicos

- I. Avaliar o crescimento em altura, diâmetro e perfilhamento nas diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada sob fertirrigação nitrogenada por gotejo subsuperficial;
- II. Comparar o efeito da aplicação de N no índice SPAD para as diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar.
- III. Identificar a fase de crescimento da cana-de-açúcar mais responsiva a adubação nitrogenada.
- IV. Avaliar a produtividade e parâmetros agroindustriais da variedade RB 92579 sobre doses de N

4. Material e métodos

4.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, na estação experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC – UFRPE), uma das bases de pesquisa da RIDESA (Rede Interuniversitária Para O Desenvolvimento Do Setor Sucroenergético). A estação experimental fica localizada no município de Carpina, na Zona Da Mata Norte do estado de Pernambuco. De acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante na região é o Ams; tropical chuvoso com verão seco (7° 51' 13" S; 35° 14' 10" W, 178 m de altitude), possui uma precipitação média anual de 1.135 mm. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso (PA_{dx}) de textura franco-arenosa (SILVA et al., 2018).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Prof.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB ¹	CTC ²	V% ³	Fe	Cu	Zn	Mn	
(cm)	pH	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----					%	----- mg dm ⁻³ -----						
0 – 20	5,5	9	0,08	0,02	2,84	0,34	0,1	4	3,28	7,28	45	126	0,25	7,7	9,64
20 – 40	5,4	5	0,03	0,02	1,49	0,02	0,8	6,6	1,56	8,16	19	196	0,33	3,63	2,15
40 – 60	5,5	10	0,04	0,02	2,07	0,17	0,1	6,2	2,30	8,5	27	148	0,21	6,6	4,00

¹Soma de bases; ²Capacidade de troca catiônica; ³Saturação de bases.

O experimento de campo foi conduzido no período de novembro de 2020 a setembro de 2021, durante o 5º ciclo produtivo da variedade RB92579 implantada no ano de 2017.

4.2. Delineamento experimental e condução

Os tratamentos experimentais foram constituídos de três doses N determinadas de acordo com a demanda nutricional da cana-de-açúcar para uma expectativa de produtividade de 180 Mg ha⁻¹ e um tratamento controle, sem adubação nitrogenada. As doses de N aplicadas foram de 50%, 100% e 150% da necessidade nutricional da cultura, o que corresponde a 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N.

A adubação foi realizada ao longo do ciclo através do sistema de fertirrigação por gotejo subsuperficial. Os tratamentos foram distribuídos, aplicando 15, 75 e 10% da dose total de cada tratamento nas fases de perfilhamento (1ª fase), crescimento de colmos (2ª fase) e maturação (3ª fase), respectivamente (OLIVEIRA, 2011).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições. Cada parcela foi constituída de três linhas duplas paralelas de cana-de-açúcar com 10 metros de comprimento, em espaçamento combinado de 1,4 x 0,6 m, totalizando 60 m² de área. As duas linhas laterais foram consideradas bordaduras, sendo considerado como área útil as 4 linhas centrais descartando 1,0 m de linha em cada extremidade da parcela o que resultou em uma área total de 36,4 m² destinadas a amostragens destrutivas e não destrutivas.

A aplicação de nutrientes foi conduzida sob fertirrigação por gotejo subsuperficial. Os tubos gotejadores do sistema de irrigação foram instalados no centro das linhas paralelas enterrados a uma profundidade de 20 cm da superfície do solo e a uma distância

de 2 m um do outro, os emissores estavam espaçados a 40 cm com uma vazão de 1,0 L h⁻¹. A fonte de N usado no experimento foi ureia (45% N), com uma frequência de aplicação de duas vezes por semana.

A irrigação foi conduzida aplicando-se a lâmina da evapotranspiração da cultura do dia anterior com base na evaporação do tanque classe A de uma estação meteorológica convencional existente na estação experimental. Durante o período chuvoso a umidade do solo era monitorada diariamente e a irrigação era realizada apenas para a aplicação dos nutrientes e/ou quando o solo se encontrava abaixo da capacidade de campo.

A aplicação dos nutrientes iniciou-se no mês de janeiro com a aplicação dos tratamentos em doses mensais (Tabela 2). No manejo dos nutrientes, a adubação com os demais macros e os micronutrientes também foi realizada via fertirrigação ao longo do ciclo da cultura. Foi aplicado 45 kg ha⁻¹ de P na forma de ácido fosfórico, 304 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, além dos micronutrientes Mn (4,8 g ha⁻¹), Zn (850 g ha⁻¹), Cu (175 g ha⁻¹), B (900 g ha⁻¹) e Mo (145 g ha⁻¹) (Tabela 2). Devido a antecipação da colheita as doses totais não foram aplicadas.

Tabela 2 - Doses mensais de Nitrogênio aplicadas durante a condução do experimento.

Mês/Ano	DAC	Aplicação de N (kg ha ⁻¹)		
		T1	T2	T3
nov/20	0	0,00	0,0	0,0
dez/20	30	0,00	0,0	0,0
jan/21	60	7,5	15,0	22,5
fev/21	90	15,0	30,0	45,0
mar/21	120	17,5	35,0	52,5
abr/21	150	20,0	40,0	60,0
mai/21	180	17,5	35,0	52,5
jun/21	210	12,5	25,0	37,5
jul/21	240	10,0	20,0	30,0
ago/21	270	0,0	0,0	0,0
set/21	300	0,0	0,0	0,0
Total		100,0	200,0	300,0

Tabela 3 - Doses mensais de Macro e Micronutrientes aplicadas durante a condução do experimento.

Nutriente	fev/21	mar/21	abr/21	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	Total
P (P ₂ O ₅) kg ha ⁻¹	15,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45
K (K ₂ O) kg ha ⁻¹	45,0	52,5	60,0	52,5	22,0	22,0	50,0	0,0	304
Mn kg ha ⁻¹	1,0	0,7	0,9	0,7	0,4	0,4	0,5	0,0	4,8
Zn g ha ⁻¹	200,0	150,0	150,0	150,0	50,0	50,0	100,0	0,0	850
Cu g ha ⁻¹	35,0	30,0	30,0	30,0	15,0	15,0	20,0	0,0	175
B g ha ⁻¹	150,0	150,0	150,0	150,0	50,0	50,0	200,0	0,0	900
Mo g ha ⁻¹	50,0	25,0	30,0	0,0	10,0	10,0	20,0	0,0	145

4.3. Coleta e análise de dados

4.3.1. Parâmetros biométricos

Para a coleta dos dados biométricos foi selecionado aleatoriamente 1 m linear das linhas destinada a análise destrutiva, onde foram avaliados, altura (medida do nível do solo até a inserção da folha +1), e diâmetro basal dos colmos (Medido no entrenó da base do colmo) utilizando trena e paquímetro analógico, respectivamente. A densidade de plantas realizada a partir da contagem manual do número de perfilho também foi feita nesse mesmo 1 m linear.

4.3.2. Parâmetros fisiológicos

O conteúdo de clorofila foi estimado usando o índice SPAD pelo clorofilômetro, um medidor portátil de clorofila que mensura a transmissão de luz vermelha, quando ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila (650 nm), e de luz infra-vermelha, (940 nm), sem absorção. Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), sendo altamente correlacionado com o teor de clorofila (SILVEIRA et al., 2003). A média da parcela foi considerada a de três leituras nas folhas +1.

5. Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade e homoscedasticidade, e quando necessário, foram realizadas transformações para ajustar os dados a estes critérios de análise. Os dados que atendiam a esses requisitos foram submetidos à análise de variância, levando em conta um nível de significância de 5% (ANOVA, $p \leq 0,05$). As variáveis quantitativas foram avaliadas por de regressão e

varáveis qualitativas por teste de média, também a um nível de 5% de significância (teste de Tukey).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros biométricos

Os resultados da ANOVA (Tabela 4) mostram que as doses de N influenciaram a altura de planta, diâmetro basal do colmo e perfilhamento da cana-de-açúcar. Os efeitos dos tratamentos só foram observados a partir dos 149 DAC. A exceção foi o índice SPAD cujos efeitos das doses foram observados desde os 100 DAC e para o perfilhamento cujos efeito só foram encontrados aos 149 DAC.

Na altura de plantas (figura 1) Foi possível observar uma diferença entre as doses de 300 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ aos 149 DAC, essa mesma diferença não foi observada aos 210 e 275 DAC. As maiores alturas foram obtidas com a dose de 300 kg ha⁻¹. Nesse tratamento a maior média foi de 2,72 m aos 275 DAC (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Mendonça (2019), que avaliou a produtividade e qualidade de duas variedades de cana-de-açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação, nesse trabalho as maiores doses de N resultaram nas maiores alturas de plantas. Nesse trabalho, a altura de planta foi responsiva as crescentes doses de N aplicadas, chegando a alturas de quase 3,0 m com a aplicação de 200 kg ha⁻¹

Tabela 4 - Resultados da ANOVA para Altura de colmos, Diâmetro Basal, Perfilhamento e índice SPAD para cana-de-açúcar cv. RB 92579, em quatro épocas de avaliação (100, 149, 210 e 257 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹.

DAC	Altura de Plantas cm		Diâmetro Basal Cm		Perfilhamento plantas m ⁻¹		DAC	Índice SPAD	
	F	CV%	F	CV%	F	CV%		F	CV%
100	1,49 ^{ns}	19,22	1,26 ^{ns}	12,83	2,13 ^{ns}	18,64	101	11,44*	4,25
149	5,59*	14,32	1,97 ^{ns}	10,00	1,40 ^{ns}	18,78	145	19,21*	3,06
210	3,03*	10,97	0,74 ^{ns}	9,66	1,93 ^{ns}	15,14	195	12,06*	3,29
275	4,37*	9,91	0,88 ^{ns}	11,29	3,13 ^{ns}	8,89	255	8,51*	3,36

^{ns} não significativo, * significativo a 5 %

Esse resultado está ligado ao fato do N está associado a diversos processos bioquímicos, resultando no crescimento e desenvolvimento das plantas. A adubação nitrogenada é um dos tratamentos culturais mais importantes empregados na produção de cana-de-açúcar, uma vez que o

aumento dos teores de N aplicados à cultura, resulta em respostas na produção de biomassa, e na altura da planta, sendo determinante para o crescimento da cana-de açúcar (URIBE, 2010).

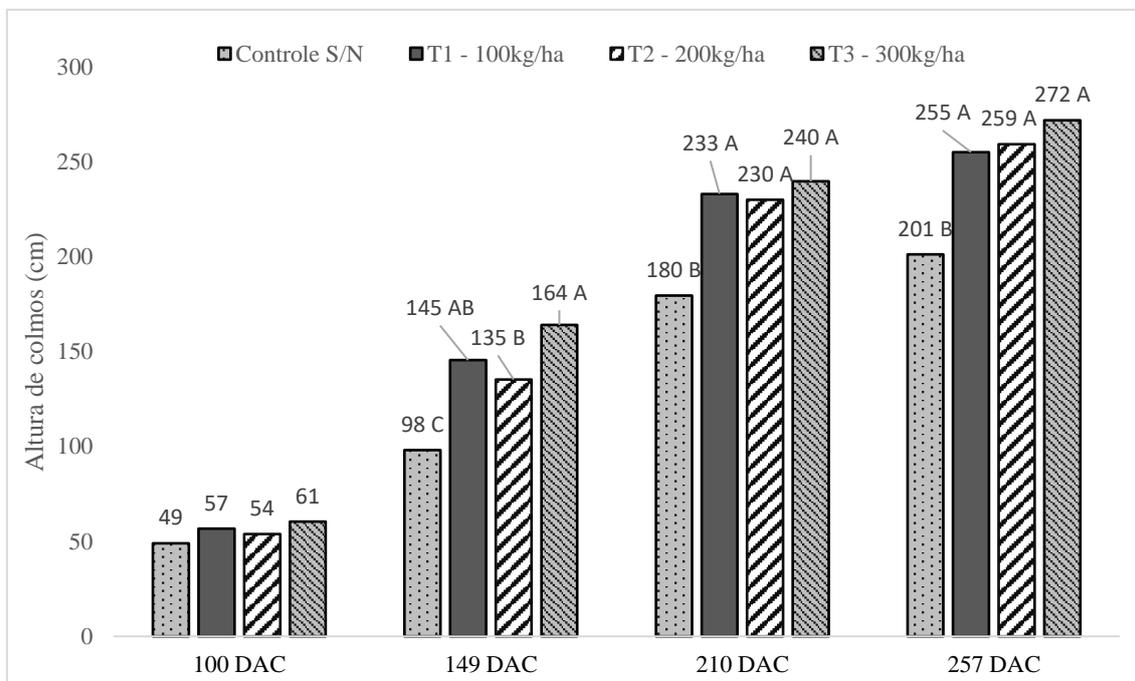


Figura 1 – Valores médios de Altura de plantas para cana-de-açúcar vc. RB 92579, em quatro épocas de avaliação (100, 149, 210 e 257 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹. Médias seguidas da mesma letra maiúscula no mesmo conjunto de barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %.

Com relação ao diâmetro, as doses de N não resultaram em uma diferença significativa nessa variável (Tabela 4). Esses resultados corroboram com os trabalhos de Silva et al. (2014). Estes autores destacam que a adubação nitrogenada não influenciou de forma significativa o diâmetro de colmo da cana-de-açúcar.

Aos 100 DAC é possível observar que o tratamento controle (sem N) e a dose de 300 kg ha⁻¹ mostraram as maiores médias de perfilhamento, já aos 149 e 210 DAC é possível observar que as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ se sobressaíram em relação as citadas anteriormente e o mesmo padrão se manteve aos 257 DAC (Figura 3). Em três das 4 épocas analisadas (149, 210 e 257 DAC) é possível constatar que o maior número de perfilho foi resultado da dose de 100 kg ha⁻¹ (50% da necessidade da cultura), em quanto que as menores médias de perfilhamento, foi resultado da não aplicação de N aos 210 e 257 DAC (Figura 3). Tal resultado aponta que o aumento da dose de n não influencia no

aumento do perfilhamento para a variedade RB 92579. Resultado semelhante ao obtido por Bastos (2017), juntamente com a redução do número de perfilhos ao longo do ciclo produtivo observada também em outras pesquisas (URIBE, 2010; ARANTES, 2012).

Schultz et al. (2015) destacam que os resultados em experimentos com a adubação nitrogenada dependem em grande parte da variedade, da interação entre os nutrientes presentes no solo e da quantidade de N aplicada via adubação sendo assim bastantes divergentes.

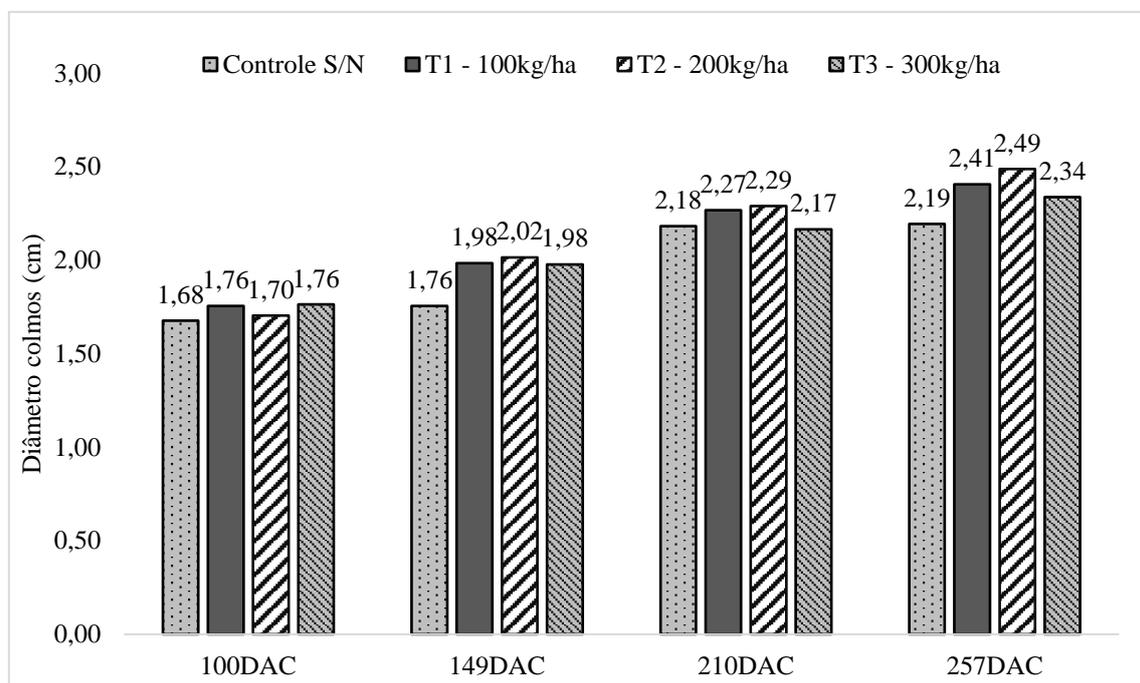


Figura 2 – Valores médios de diâmetro basal de colmos para cana-de-açúcar vc. RB 92579, em quatro épocas de avaliação (100, 149, 210 e 257 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹.

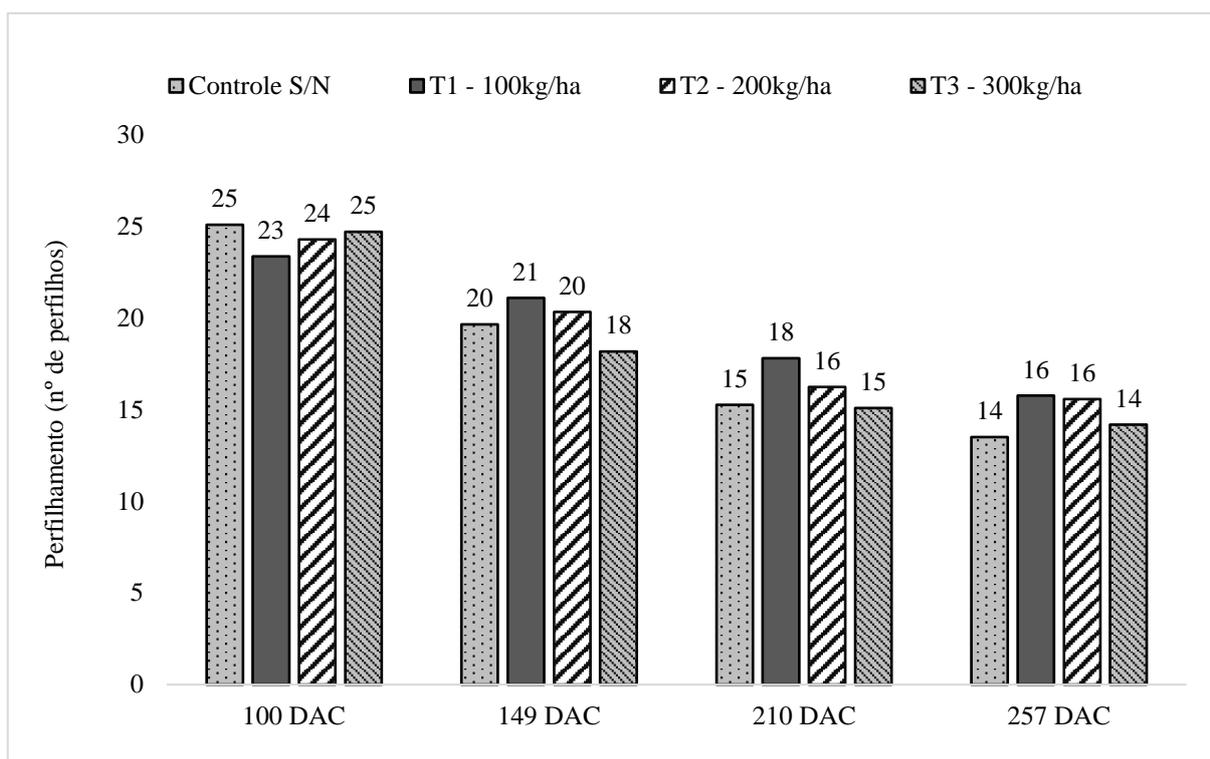


Figura 3 – Valores médios de número de perfilho para cana-de-açúcar cv. RB 92579, em quatro épocas de avaliação (100, 149, 210 e 257 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹.

6.2. Índice SPAD

O resultado da figura 4 mostra que as doses de N e o índice SPAD correlacionaram-se positivamente, isso correu porque os teores de clorofila das plantas apresentam uma significativa correlação com as leituras do medidor do Índice SPAD (ARGENTA et al., 2001; SILVEIRA et al., 2003), e a concentração de clorofila nas folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de N. Isso ocorre porque se que 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos e participam da síntese das estruturas das moléculas de clorofila (FERREIRA et al., 2006).

Dessa forma o aumento das doses de N, aumenta também o teor de clorofila nas folhas. (GALINDO 2018). Na literatura, diversos estudos mostram contribuição significativa das doses de N sobre o conteúdo de clorofila e o índice SPAD, principalmente em gramíneas como com milho (Argenta et al. 2001), e braquiária (Santos et al. 2007). Nesses estudos, os autores identificaram que os valores obtidos pelo índice SPAD aumentam em função das doses de nitrogênio adicionadas às culturas. Os resultados de índice SPAD encontrados nesses estudos estão de acordo com encontrado por de Rhein et al., (2017). Na ocasião os autores verificaram que doses de N (0, 50, 100,

150 e 200 kg N ha⁻¹) aumentaram os teores de clorofilas e a área foliar da cultura ao longo do ciclo de cana-soca (121, 208, 291 e 381 DAC) com aplicação de N via fertirrigação por gotejamento subsuperficial.

Nesse estudo, os dados gerados pelo índice SPAD resultaram em regressões polinomiais com elevados coeficientes de determinação (figura 4) com as doses de N. Independente da dose aplicada, constatou-se uma redução no índice SPAD em todos os tratamentos a partir dos 145 DAC. Tal fato pode estar atribuído a indução de um acentuado crescimento vegetativo devido a aplicação do N-fertilizante, fazendo com que a taxa de produção de matéria seca ultrapassasse a taxa de acúmulo de N, reduzindo a concentração de N nas folhas devido ao desenvolvimento de outros órgãos, como raízes e colmos, que funcionam como drenos o que está de acordo com o trabalho de Rhein, et al., (2017).

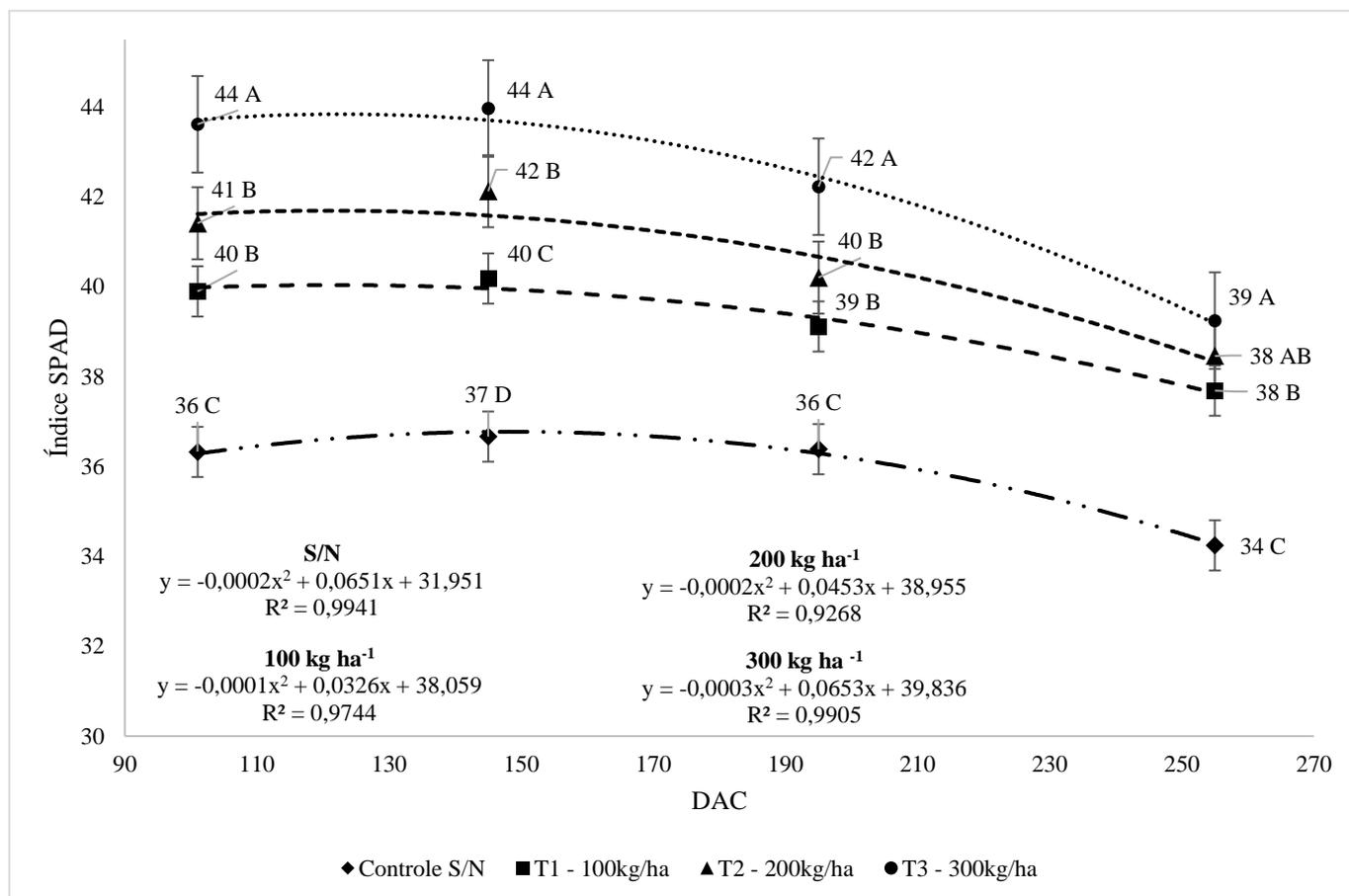


Figura 4 – Valores médios de Índice SPAD para cana-de-açúcar cv. RB 92579, em quatro épocas de avaliação (100, 149, 210 e 257 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %.

6.3. Parâmetros Agroindustriais

Os resultados da ANAVA mostraram que as doses de N resultaram em diferença significativa na produtividade de colmos por hectare (TCH) e na produção de açúcar (TPH). Tal diferença foi observada entre o controle, que não recebeu adubação nitrogenada via fertirrigação (S/N), e os demais tratamentos. Entre as diferentes doses de N não foi observada diferença significativa na produtividade de colmos (Tabela 4). Com relação ao parâmetro ATR (açúcar teórico recuperável) não foi observada diferença entre os tratamentos (tabela 5).

A maior produção de colmo por hectare foi obtida com a dose de 300 kg ha⁻¹ alcançando 113,08 Mg ha⁻¹. A produtividade encontrada com 300 kg ha⁻¹ de N promoveu um incremento de TCH de 4,34; 14,05 e 49,65 Mg ha⁻¹ em relação a dose de 200 kg ha⁻¹

(100% da necessidade), 100 kg ha⁻¹ (50% da necessidade) e a não aplicação de N (Figura 5).

Um comportamento semelhante foi observado no parâmetro TPH, onde a dose de 300 kg ha⁻¹ se mostrou superior as demais na produção de açúcar por hectare. No entanto, não foi observada diferença significativa entre as doses de N, tanto para o TCH quanto para o TPH. A diferença só ocorreu entre os tratamentos que receberam N e o tratamento que não recebeu.

A dose de 300 kg ha⁻¹ resultou em uma produção de açúcar de 14,11 Mg ha⁻¹, mostrando um incremento na produção de TPH menos de 1 Mg ha⁻¹ de açúcar em relação a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. quando comparado com a dose 100 kg ha⁻¹ a dose de 300 kg ha⁻¹ apresentou um incremento 1,7 Mg ha⁻¹ de açúcar, e essa diferença foi ainda maior quando comparado com a não aplicação de N, apresentando um incremento de 6,28 de kg ha⁻¹ de açúcar (Figura 6)

DELLABIGLIA (2018), obteve resultados semelhante em seu trabalho para os parâmetros TCH e TPH, o autor observou um aumento tanto na produção de açúcar quanto na produção de colmo com o aumento das doses de N, onde obteve 138 Mg ha⁻¹ e 193 Mg ha⁻¹, com doses de 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente. O mesmo foi observado para o parâmetro TPH, onde foram obtidas médias de produção de açúcar de 22 Mg ha⁻¹ e 28 Mg ha⁻¹, nas doses 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente

Tabela 5 - Resultados da ANOVA para Produção de colmos (TCH), produção de açúcar (TPH) e Açúcar teórico recuperável (ATR) da cana soca (RB92579), avaliada aos 308 dias após a colheita. nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹.

	TCH (Mg ha⁻¹)	ATR (kg Mg⁻¹)	TPH (Mg ha⁻¹)
F	13,06*	0,39 ^{ns}	14,37*
CV %	11,07	6,44	10,68

^{ns} não significativo, * significativo a 5 %

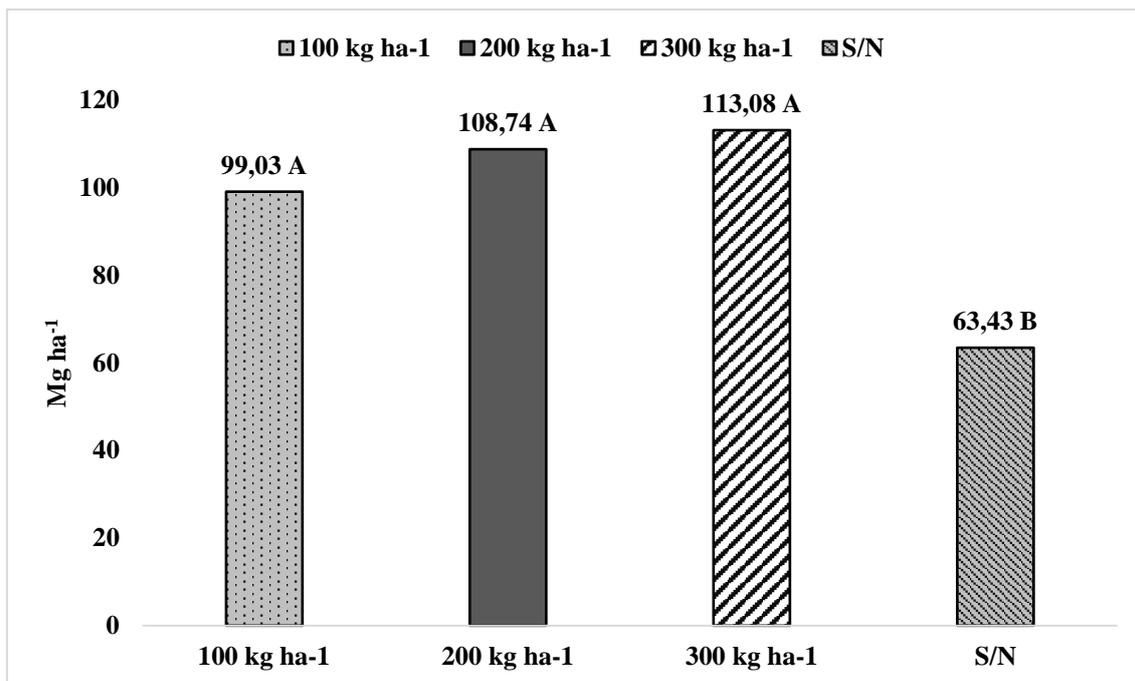


Figura 5 – Valores médios de TCH para cana-de-açúcar RB 92579, em função das doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹). Médias seguidas da mesma letra maiúscula no mesmo conjunto de barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %.

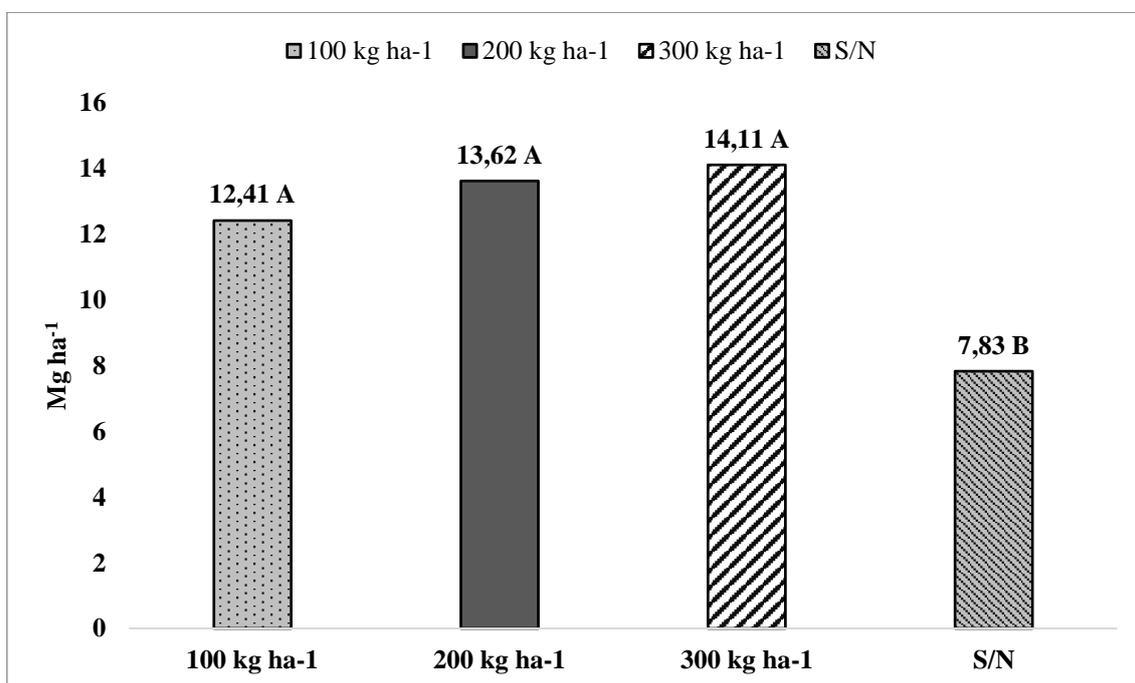


Figura 6 – Valores médios de TPH para cana-de-açúcar RB 92579, em função das doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹). Médias seguidas da mesma letra maiúscula no mesmo conjunto de barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %.

Apesar do parâmetro ATR não ter mostrado diferença estatística entre as doses testadas, foi possível observar que quando maior a dose de N aplicada menor foi o valor de ATR (Figura 7). Franco (2008), descreveu que a adubação nitrogenada promove maior crescimento vegetativo, resultando em plantas com alto teor de umidade e menor acúmulo de sacarose.

Diversos trabalhos, mostraram que a qualidade da matéria-prima em cana-de-açúcar quando submetida à irrigação e/ou adubação nitrogenada pode sofrer modificações negativas como a redução do teor de sólidos solúveis e do açúcar total recuperável. FRANCO, 2008 constatou esse efeito com doses de nitrogênio superiores à 120 kg N ha⁻¹ e RHEIN, 2013 com doses de 150 kg N ha⁻¹.

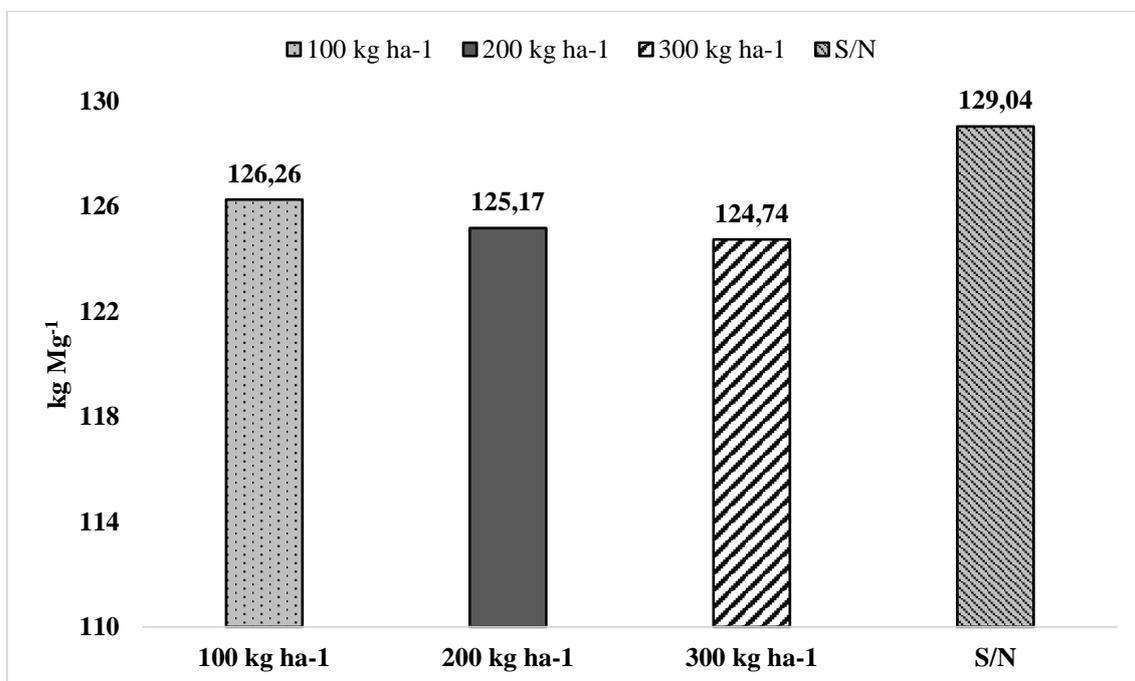


Figura 7 – Valores médios de ATR para cana-de-açúcar RB 92579, em função das doses de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹).

6.4. Biomassa de colmo em diferentes épocas

Os resultados da ANAVA mostraram diferença no acúmulo de biomassa de colmo aos 98, 204 e 272 DAC, no entanto não foi possível constatar uma diferença significativa entre as doses de N aplicadas, apenas entre a aplicação e a não aplicação de N via gotejo subsuperficial. Aos 98 DAC é possível observar diferença entre os tratamentos que receberam o N e o tratamento controle (S/N) e essa diferença é percebida novamente aos

204 e 272 DAC. (Tabela 6), apenas entre a dose de 300 kg ha⁻¹ a não aplicação. Independente da época analisada a dose de 300 kg ha⁻¹ foi a que obteve maior média de biomassa fresca de colmo por hectare (Figura 8). Com a análise estatística.

É possível perceber uma queda na biomassa de colmo entre os 204 e 272 DAC (Figura 8), tal fato está ligado ao florescimento da cana-de-açúcar que iniciou por volta dos 200 DAC. O florescimento reduz drasticamente a produtividade de colmo devido a isoporização que ocorre com o consumo das reservas do colmo pela planta para se produzir as estruturas vegetativas

Tabela 6 - Resultados da ANOVA para Biomassa de colmos, para cana-de-açúcar RB 92579, em quatro épocas de avaliação (98, 141, 204 e 272 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹.

	98 DAC	141 DAC	204 DAC	272 DAC
F	5,48*	1,62 ^{ns}	3,29*	2,79*
CV %	32,17	21,9	17,56	18,69

^{ns} não significativo, * significativo a 5 %

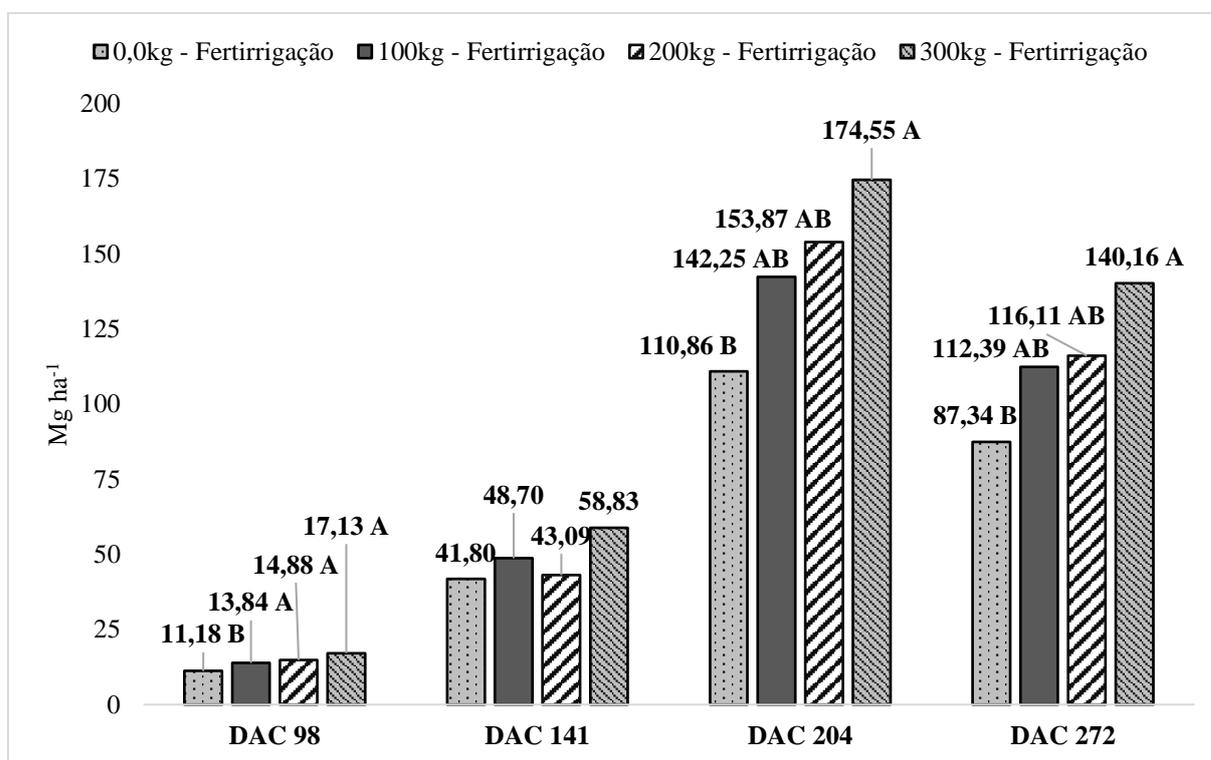


Figura 8 – Valores médios de biomassa de colmo para cana-de-açúcar RB 92579, em quatro épocas de avaliação (98, 141, 204 e 272 DAC) nas doses de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹. Médias seguidas da mesma letra maiúscula no mesmo conjunto de barras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %.

Análises estatísticas												
Elaboração de relatórios												
Submissão de relatório parcial												
Relatório final / Apresentação											X	X



Atividades Realizadas



Atividades Previstas

9. Referências

ARGENTA, G.; *et al.* Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas v.13, n.2, p.158-167, 2001.

BARTH, G.; *et al.* Performance of enhanced efficiency nitrogen fertilizers in green-harvesting sugarcane. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v.3, n.1, 2020.

BASTOS, A. *et al.* Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana – de – açúcar segunda soca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n.3. p. 554-566. 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; VANI, E. C. M. **Manual de irrigação**. Viçosa-UFV 7. ed., 2005. 611 p.

BRACKIN, R. *et al.* Nitrogen fluxes at the root-soil interface show a mismatch of nitrogen fertilizer supply and sugarcane root uptake capacity. **Scientific Reports**, London, v. 5, n. April, p. 15727, 2015. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/srep15727> >. Acesso em: 09/01/2022.

BUTLER, D. W. F.; MEYER, J. H.; SCHUMANN, A. W. Assessing nitrogen fertigation strategies for drip irrigated sugarcane in southern Africa. **Proceedings South Africa Sugar Technology Association**, Mount Edgecombe, v. 76, p. 162-172, 2002.

CALLEGARI, A. R. *et al.* Produtividade de frutos e teores de nutrientes no solo durante um cultivo de meloeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.24-36, 2012. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119023656004.pdf>>. Acesso em: 12/02/2022.

CAMARGO, L. *et al.*, Sistema radicular da cana-de-açúcar cultivada sob diferentes sistemas de preparo de solo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XLVI., 2017, Maceió. CONBEA, 2017. p. 1-5.

CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1106-1113, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/srHwjSJ8NMjKfYc7DtQPYfS/?lang=pt>>. Acesso em: 13/01/2022

CATTIVELLI, L. et al. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v. 105, p. 1-14, 2008.

CAVALCANTI, F.J.A. *et al.* **RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO. 2ª APROXIMAÇÃO**, 2. ed. Recife: ipa 1998. 198p

CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira de cana-de-açúcar. v.8 – safra 2021/22, nº3 – terceiro levantamento, novembro 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em: 12/12/2021

CORREIA, C.B.G. *et al.* Cana-de-açúcar: parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, p.26-37, 2014. Disponível em: <<https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/204>>. Acesso em: 12/02/2022.

CUNHA, F. N. *et al.* Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, p. 841-846, 2016.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.516-524, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/cBzWfDZZFSTz7Vzg8XYh6vz/?lang=pt>> Acesso em: 12/12/2021

DANTAS NETO, J. *et al.* Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 283-288, 2006.

DELLABIGLIA, W. J. *et al.* PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM DOSES DE NE INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 29-41, Edição Especial 30 anos PG Irriga, 2018

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water irrigation and drainage**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1979. 193 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. ed. téc. Humberto Gonçalves dos Santos. 5ª ed. revista e ampliada – Embrapa Informação Tecnológica. 532 p. Brasília, DF: 2018.

FARNESELLI, M. *et al.* High fertigation frequency improves nitrogen uptake and crop performance in processing tomato grown with high nitrogen and water supply. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 154, p. 52 – 58, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.002>>. Acesso em: 12/02/2022.

FERREIRA, M. M. M. *et al.* Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 83-92, 2006.

FRANCO, H. C. J. **Eficiência Agronômica da adubação nitrogenada de cana-planta**. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FRANCO, H. C. J. *et al.* Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian fields conditions. **Fields Crops Research**, London, v. 121, n. 1, p. 29 – 41, 2011.

FRANCO, H. C. J. *et al.* Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 579 – 590, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500012>>. Acesso em: 05/01/2022.

FREITAS, J. R. *et al.* Efeito da adubação potássica via solo e foliar sobre a produção e a qualidade da fibra em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 106-112, 2007.

GAVA, G. J. de C. *et al.* Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250–255, 2011.

GALINDO, F. S.; *et al.* Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias** v. 41(4), p. 900-913, 2018.

GONÇALVES, M. C. *et al.* Nitrogênio e Azospirillum brasiliense no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.2, p. 72-81. Mar-Abr, 2020.

GOVINDARAJAN, M. *et al.* Improved yield of micropropagated sugar cane following inoculation by endophytic Burkholderia vietnamiensis. **Plant and Soil**, v. 280, p. 239–252, 2006. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-005-3223-2>>. Acesso em: 15/02/2022

HEMALATHA, S. *et al.* Fertigation for crops and nitrogen fertigation for sugarcane: a review. **Research and Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences**, Coimbatore, v. 2, n. 2, p. 5 – 11, 2013.

HORRI, J. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. Piracicaba: Departamento de Alimentos, Nutrição e Agroindústria, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 27 p.

LANDELL, M. G. A. *et al.* Manejo Varietal em Cana-de-açúcar. In: SEGATI, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. (org). **Atualização em Produção de Cana-de-açúcar**, Piracicaba, SP, 2006. p. 57 – 69.

LANDELL, M. G. de A. *et al.* **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agronômico, Ed. 7.^a rev. e atual., p. 106-113, 2014 (Boletim IAC, n.º 200).

LUDLOW, M.M., FERRARIS, R., CHAPMAN, L.S. Interaction between nitrogen and water supply on the photosynthetic rate of sugar cane leaves. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**.1991 pp. 66–72.

MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A. Mitigation of GHG emissions using sugarcane bioethanol, in: Sugarcane Ethanol: Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment. **FEM Faculdade de Engenharia Mecânica**, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP), Brazil, 2008. pp. 96–112.

MACHADO JUNIOR, G. R. *et al.* Melhoramento da cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Sistema de Produção Mecanizada da Cana-de-açúcar Integrada à Produção de Energia e Alimentos**. 1a ed. Brasília, EMBRAPA, 2015. P. 115 – 175.

MACHADO, R. S. *et al.* Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, 2009.

MAEDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado**. 2009. 110 f. Tese (Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Eds.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**, 2007. p.189-249.

MATSUOKA, S.; FERRO, J.; ARRUDA, P. The Brazilian experience of sugarcane ethanol industry. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-plant**. New York: Springer, v. 45, n. 3, p. 372-381, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11627-009-9220-z>> Acesso em: 12/12/2021.

MENDONÇA, M. F. **Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação**. 2019. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. Campinas: Komedi, 2008. 167 p.

MOORE, P. H.; PATERSON, A. H.; TEW, T. Sugarcane: The crop, the plant and domestication. In: Moore, P.; Botha, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. John Wiley & Son, New Delhi, India: Wiley Online Library, 2014. Chap 1, p. 1-18

MUCHOW, R. C. *et al.* Effect of nitrogen on the time-course of sucrose accumulation in sugarcane. **Fields Crop Research**, London, v. 47, p. 143 – 153, 1996. Disponível em:<[https://doi.org/10.1016/0378-4290\(96\)00022-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00022-6)>. Acesso em: 12/12/2021.

OHASHI, A. Y. P. *et al.* Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, 131 – 138, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0295>>. Acesso em: 12/02/2022.

OLIVEIRA, A.; DAROS, E.; HOFFMANN, H. H.; **Liberção Nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. 1 ed. Curitiba: Graciosa, 2015. 75 p. REDE INTERUNIVERSITÁRIA DE DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO- RIDESA. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana- de-açúcar**. RIDESA, Curitiba, 2015.

OLIVEIRA, E. C. A. *et al.* Determining a critical nitrogen dilution curve for sugarcane. **Journal of Plant Nutrition**, v 176, n. 5, p. 712-723, 2013.

OLIVEIRA, E. C. A. DE *et al.* Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n. 4, p. 1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, R. I.; *et al.* Nutrient partitioning and nutritional requirement in sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 10, n. 1, p. 69–75, 2016.

ORLANDO FILHO, J. *et al.* **Seja o doutor do seu canavial**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. 17 p.

OTTO, R. *et al.* Nitrogen Use Efficiency for Sugarcane-Biofuel Production: What Is Next? **Bioenergy Res.** 2016 v. 9, p.1272–1289. Disponível em: <<https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/127000/nitrogen-use-efficiency-for-sugarcane-biofuel-production-wh>>. Acesso em: 09/01/2022.

OTTO, R. *et al.* Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2009 v. 44, p. 398–405.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: Situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLLEGATI, M. V. (coord); **Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças**. Ed. Agropecuária, p. 460, 1999.

PERES, J. G. **Determinação dos coeficientes de cultura (Kc): ciclo de cana soca**. 1988. 108 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PINTO, M. C. *et al.* Avaliação dos parâmetros genéticos da cana de açúcar submetida à adubação com silício e ao estresse hídrico. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 12, p. 98919-98928, 2020. Disponível em: < DOI:10.34117/bjdv6n12-398>. Acesso em: 01/04/2022.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAY, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (ed.). Cana-de-açúcar. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2008. p. 631-970.

PÔRTO, M. L. *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n. 3, p. 311-315, 2011.

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 185, p. 83-89, 2000. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001616768>>. Acesso em: 28/01/2022.

RHEIN, A. F. L. **Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento**. 2012. 117 f Tese (Doutorado em agronomia). UNESP, Botucatu.

RHEIN, A.F. L.; SILVA, M. A. Doses de nitrogênio sobre atributos fisiológicos e produtividade da cana-de-açúcar cultivada sob fertirrigação por gotejamento subterrâneo. **Journal of Plant Nutrition**, v.40, p.227-238, 2017.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA DE DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO- RIDESA. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. RIDESA, Curitiba, 2015.

ROBERTS, T. L. Improving nutrients use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Georgia, v.32, p.177-182, 2008. Disponível em: <<https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/abstract.htm?id=9521>>. Acesso em: 23/12/2021.

SANTANA, A. C. A. **Estimativa dos teores de nitrogênio na folha diagnóstico e biomassa da cana-de-açúcar por espectrorradiometria**. 2017. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

SANTOS, J.H.; De Bona, F.D.; Monteiro, F.A. (2013) – Growth and productive responses of tropical grass *Panicum maximum* to nitrate and ammonium supply. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 42, n. 9, p. 622-628. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982013000900003>>. Acesso em: 01/03/2022

SARTORI, R. H. **Eficiência de uso de nitrogênio e enxofre pela cana-de-açúcar (primeira e segunda rebrota) em sistema conservacionista (sem queima)**. 2010. 112 f. Tese (Doutorado) – Centro de energia nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, M. A. *et al.* Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 241-249, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/d4FFvbhpmkJ4X9YNPYQR3hw/?lang=pt>>. Acesso em: 12/12/2021

SILVA, M. A. *et al.* Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agrícola**, v.65, p.620-627, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/gCbcs6FVLPmGMrkHYjDqVhS/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 12/12/2021

SILVA, S. *et al.* Adaptação do método de Kc “dual” (FAO-56) para a cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. **ABEAS**, v. 27, p. 87-93, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/181-abeas/v27n02/797-v27n02a02.html>>. Acesso em: 13/01/2022.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. P.; CERRI, C. Comparação de métodos de amostragem para avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrícolas**, v. 34, n. 1, p. 7-16, 2017. Disponível em: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352017000100001&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 12/02/2022

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p.1083-1087, 2003.

SMITH, D.M., INMAN-BAMBER, N.G., THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**. 2005 v. 92, p.169–183. Disponível em: < http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Growth-and-function-of-the-sugarcane-root-system-1.pdf> Acesso em: 21/12/2021.

SOBRINHO, L. S. *et al.* 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, out./dez. 2019 Maringá (PR). Disponível em: < <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6365>>. Acesso em: 15/02/2022.

SOUZA, J.K.C. de. *et al.* Importância da irrigação para a produção de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, p.133-140, 2012. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v27n02a10>>. Acesso em: 12/02/2022.

SCHULTZ, N.; Reis, V. M.; URQUIAGA, S. Resposta da cana – de – açúcar à adubação nitrogenada: fontes nitrogenadas, formas de aplicação, épocas de aplicação e efeito varietal. **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica. Documentos 52 p. 2015.

TEJERA, N. A. *et al.* Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars, **Field Crops Research**, v. 102, p. 64-72, 2007. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/200042114_Comparative_analysis_of_physiological_characteristics_and_yield_components_in_sugarcane_cultivars>. Acesso em: 13/01/2022.

THORBURN, P.J. *et al.* An improved way to determine nitrogen fertiliser requirements of sugarcane crops to meet global environmental challenges. **Plant Soil**. 2011 v. 339, p. 51–67. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0406-2>> Acesso em: 21/12/2021.

TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de- açúcar: Três casos estudados com o uso do traçador 15N**. 2017 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. 2013. **Setor sucroenergético: histórico do setor**. Disponível em: <http://www.unica.com.br>. Acesso em: 23 mar. 2018.

URIBE, R. A. M. **Produtividade e estimativa do acúmulo de biomassa em soqueira de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento com diferentes doses de N-fertilizante**. 2010. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

URQUIAGA, S. *et al.* Evidence from field nitrogen balance and ¹⁵N natural abundance data of the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant and Soil**, v. 356, n. 1-2, p. 5-21, 2012. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/564731>> Acesso em: 05/01/2022.

VALE, D. W. *et al.* Ammonium and nitrate in soil and ratoon sugarcane grown in function of nitrogen on Oxisol. **Journal of Plant Nutrition**, v.36, p.201-213, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01904167.2012.739241>> Acesso em 12/12/2021.

VITORELLO, V. A.; CAPALDI, F. R.; STEFANUTO, V. A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17 p.129-143, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjpp/a/BQFgbrchfL7FHcfDQtFpNhm/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 28/01/2022

VITTI, G. C. *et al.* **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. 1. Ed. Bebedouro, SP 2005. 78 p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Nutricao+cana+GVitti_000fh3r3vzp02wyiv80rn0etnmc6zamd.pdf> Acesso em: 21/12/2021.

WANDERLEY, L. R. S. **Nutrição de variedades de cana-de-açúcar fertirrigadas por gotejo Subsuperficial**. 2018. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

WOOD, A.W., MUCHOW, R.C., ROBERTSON, M.J. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. **III. Accumulation, partitioning and use of nitrogen. F. Crop. Res.** 1996. 48, 223–233.

YANAI, J. *et al.* Effect of NPK application on growth, yield and nutrient uptake by sugarcane on a Sandy soil in northeast Thailand. **Tropical Agriculture Development**, v. 54, n. 4, p. 113 – 118, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.11248/jsta.54.113>>. Acesso em 23/12/2021.

10. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

- I. Curso a distância sobre Cultivo e Produção de Cana-de-açúcar em março de 2021
- II. Participação do 1º encontro técnico de agrônomos canavieiros em abril de 2022.
- III. Curso de planejamento de pesquisa e estatística básica com linguagem de programação R

11. DIFICULDADES ENCONTRADAS

- I. Deslocamento até a estação experimental onde era conduzida o experimento.
- II. Conclusão das análises dos dados de recuperação e eficiência do uso de N

III. Conclusão do preparo das amostras para determinar teor e acúmulo de N

12. PARECER DO ORIENTADOR

O bolsista vem desempenhando com excelente aproveitamento, maturidade e competência todas as atividades de seu plano de trabalho referente ao primeiro período como bolsista. O esforço e dedicação do bolsista nas atividades de campo, na revisão de literatura e busca de novos conhecimentos promoveu ao mesmo maior conhecimento para iniciar a interpretação dos resultados parciais e finalização do campo experimental, mesmo se tratando de um aluno iniciante do curso de agronomia. Neste primeiro período o bolsista manteve o nível acadêmico adequado, com média superior a 8,0 no curso de Engenharia Agrônômica da SEDE/UFRPE.


Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira