

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

KHAYKE FERNANDO GUEDES MEDEIROS

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA
DE CANA-DE-AÇÚCAR RB92579 E NA REAÇÃO A *Colletotrichum falcatum***

**Rio Largo
Alagoas – Brasil
2021**

KHAYKE FERNANDO GUEDES MEDEIROS

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA
DE CANA-DE-AÇÚCAR RB92579 E NA REAÇÃO A *Colletotrichum falcatum***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Maceió, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr: GILDEMBERG AMORIM
LEAL JUNIOR.

**Rio Largo
Alagoas – Brasil
2021**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

M488f Medeiros, Khayke Fernando Guedes
Fontes de doses de nitrogênio na produção de Biomassa de cana-de-açúcar RB92579 e na reação a *Colletotrichum falcatum*. / Khayke Fernando Guedes Medeiros – 2021.
42 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Gildemberg Amorim Leal Junior

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Adubação. 3. Nutrição de plantas. I. Título.

CDU 633.61

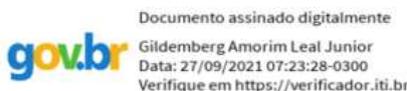
KHAYKE FERNANDO GUEDES MEDEIROS

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA
DE CANA-DE-AÇÚCAR RB92579 E NA REAÇÃO A *Colletotrichum falcatum***

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do Centro de Ciências Agrária da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), como requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Data da Defesa: 20 de setembro de 2021

Resultado: APROVADO



Prof. Dr.: Gildemberg Amorim Leal Junior – CECA/UFAL

Orientador

Banca Examinadora:

Profa. Dr^a.: Maria de Fátima Silva Muniz – CECA/UFAL

Examinadora Interna

Profa. Dr^a.: Élide Fernanda Cavalcanti Marins – IFAL/MURICI

Examinadora Externa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter sido essencial em minha vida, do início ao fim do curso;

Aos meus pais, Marineide Guedes Ferreira e Fernando Medeiros da Silva;

Aos meus irmãos (a), Khivia Julia Guedes Medeiros e Bárbara Priscila Quirino da Silva;

Aos meus tios: José Ernandes Medeiros da Silva, João Medeiros da Silva, Sebastião Medeiros da Silva;

A minha namorada, Rafaella Tamires Vicente da Silva;

Pelo incentivo, força e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo o que Ele fez na minha vida, pelas minhas conquistas no decorrer de minha vida, que me levou a estar aqui hoje.

A Universidade Federal de Alagoas por possibilitar essa conquista na minha vida que foi a Graduação pela participação nos projetos de iniciação científica durante todo o curso, pela experiência que me foi concedida na Clínica Fitossanitária.

Ao Professor Dr. Gildemberg Amorim Leal Junior, pela orientação, e oportunidade de estágio na Clínica Fitossanitária. Muito obrigado pelos ensinamentos, que levarei para minha vida profissional.

Aos meus colegas, pela ajuda e apoio quando mais precisei: Ana Paula Vieira da Silva, Ana Paula Maria da Silva, Élide Fernanda Cavalcanti Marins, Livoney Barbosa de Oliveira Goes, Ivanildo Alves da Silva, Gabriel de Lima Faustino, Anderson Rodrigues Sabino.

A minha família por todo apoio nos momentos mais difíceis do decorrer da minha caminhada na Universidade.

EPÍGRAFE

“Se você não acorda cedo, nunca conseguirá ver o sol nascendo. Se você não reza, embora Deus esteja sempre perto, você nunca conseguirá notar sua presença.”

Paulo Coelho

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar no mundo, tendo em vista a importância da cultura no cenário do agronegócio brasileiro, como importante fonte de alimento e bioenergia, componente significativo da economia de muitos países nos trópicos e subtropicais. A preocupação com os fatores limitantes para sua produtividade, como a escassez de nitrogênio (N) e o ataque de agentes patogênicos em todo o mundo, nos leva a acreditar que as fontes nutricionais podem ser grandes aliadas nessa batalha e é de grande necessidade avaliar qual a preferência fisiológica das fontes de nitrogênio absorvidas por essas plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi Avaliar o crescimento da cana-de-açúcar (RB92579) em resposta a diferentes fontes de nitrogênio e diferentes concentrações e a resposta ao patógeno *Colletotrichum falcatum*. As mudas produzidas foram preparadas a partir de colmos de cana-de-açúcar desta variedade, coletadas em cultivos comerciais no município de Rio Largo, Alagoas. O patógeno utilizado para avaliar a resposta ao ataque nas plantas foi o *C. falcatum*, a inoculação foi realizada após 7 dias de desenvolvimento do patógeno, com lesões de aproximadamente 10 cm do colo da planta realizado com um estilete estéril, da diagonal entre 2 e 3 centímetros, um disco com meio de cultura contendo o fungo foi depositado na lesão que foi coberto, formando uma câmara úmida. Os tratamentos de nitrogênio foram aplicados com solução nutritiva base, solução de Hoagland modificada, contendo macro e micronutrientes. Cada tratamento de nitrogênio foi aplicado após 4 semanas do transplante das brotações para os vasos, sendo fornecido semanalmente um volume de 500 ml durante 13 semanas. As doses de fornecimento de nitrogênio foram de 5,0 mM, das fontes de nitrato de cálcio, nitrato de amônio e sulfato de amônio. Para as avaliações da fisiologia das plantas, foram feitas medições da altura, diâmetro do colmo, medição do teor de brix, índice *Spad*, peso seco de parte aérea e raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A partir das análises, concluímos que a fonte de nitrogênio não interferiu na resposta da planta a infecção por *C. falcatum*.

Palavras-chave: *Saccharum*, Nutrição, Adubação.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane in the world, given the importance of the crop in the Brazilian agribusiness scenario, as an important source of food and bioenergy, a significant component of the economy of many countries in the tropics and subtropics. The concern with limiting factors for its productivity, such as the lack of nitrogen (N) and the attack of pathogens around the world, leads us to believe that nutritional sources can be great allies in this battle and it is of great need to assess which the physiological preference of the nitrogen sources absorbed by these plants. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth of sugarcane (RB92579) in response to different nitrogen sources and different concentrations and the response to the pathogen *Colletotrichum falcatum*. The seedlings produced were prepared from sugarcane stalks of this variety, collected in commercial crops in the municipality of Rio Largo, Alagoas. The pathogen used to assess the response to the attack on the plants was *C. falcatum*, inoculation was carried out after 7 days of pathogen development, with lesions of approximately 10 cm from the plant's neck performed with a sterile stylet, diagonally between 2 and 3 centimeters, A disk with culture medium containing the fungus was deposited on the lesion, which was covered, forming a moist chamber. The nitrogen treatments were applied with base nutrient solution, modified Hoagland solution, containing macro and micronutrients. Each nitrogen treatment was applied 4 weeks after transplanting the shoots into the pots, with a weekly volume of 500 ml being supplied for 13 weeks. Nitrogen supply doses were 5.0 mM, from sources of calcium nitrate, ammonium nitrate and ammonium sulfate. For the evaluations of plant physiology, measurements were made of height, stem diameter, measurement of brix content, Spad index, dry weight of shoot and root and data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and compared by the test Tukey at the 5% probability level. From the analysis, we concluded that the N source did not interfere in the plant's response to infection by *C. falcatum*.

Key words: Saccharum, Nutrition, Fertilization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teor de brix (Média \pm erro padrão) nos tratamentos com fontes de Nitrogênio, nas doses 0, 5, 10, 20, 40.....	34
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Brotos induzidos a partir de gemas caulinares de cana-de-açúcar. (A) Germinação de gemas, mantidas em vermiculita em câmara úmida por 72 h. (B) Brotos após a câmara úmida que foram selecionados para o campo.....20
- Figura 2.** Medição da altura da planta da base até a bainha à folha mais desenvolvida.....22
- Figura 3.** Inoculação do fungo *Colletotrichum falcatum*. (A) Ferimento causado com estilete estéril na diagonal para a inoculação com disco de micélio. (B) Ferimento já inoculado com o patógeno envolto com algodão e plástico filme formando câmara úmida.....23
- Figura 4.** Pesagem e armazenamento das amostras da de cana-de-açúcar. (A) Amostras da parte aérea e raízes armazenadas em bandejas com papel kraft, nomeadas com códigos referentes a cada tratamento. (B) Pesagem das amostras de raízes em balança semi analítica.....24
- Figura 5.** Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função dos dias de adubação nas doses (0, 5, 10, 20, 40) de nitrato de amônia.....26
- Figura 6.** Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função dos dias de adubação nas doses (0, 5, 10, 20, 40) de nitrato de cálcio.....27
- Figura 7.** Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função das doses (0, 5, 10, 20, 40) de sulfato de amônio.....28
- Figura 8.** Inoculação de *Colletotrichum falcatum*. (A) Tratamento de nitrato de amônio na dose de 40 mM, lesão apresentando coloração preta no centro e avermelhada nas bordas. (B) Medição da lesão causada pelo patógeno.....29
- Figura 9.** Sintomas de *Colletotrichum falcatum* em colmos inoculados de cana-de-açúcar cultivados com suplementação de nitrogênio com diferentes fontes e doses (A) Tratamento de nitrato de amônio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio, (B) Tratamento de nitrato de cálcio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio e (C) Tratamento de sulfato de amônio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio.....30
- Figura 10.** Médias do diâmetro do colmo de cana-de-açúcar em função das diferentes doses de nitrogênio (0, 5, 10, 20, 40). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.....31
- Figura 11.** Cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de nitrogênio 0, 5, 10, 20, 40 (mM), no tratamento com nitrato de cálcio, onde é possível verificar a diferença de pigmentação das folhas entre cada dose.....31

Figura 12. Índice SPAD de cana-de-açúcar em função de diferentes fontes de nitrogênio (nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de amônio). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.....32

Figura 13. Índice SPAD de cana-de-açúcar em função diferentes doses de nitrogênio (0, 5, 10, 20, 40). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.....33

Figura 14. Matéria seca da parte aérea de cana-de-açúcar sobre diferentes doses de nitrogênio. Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.....35

Figura 15. Teor de matéria seca da raiz de cana-de-açúcar sobre diferentes fontes e doses de nitrogênio. Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.....36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. A Importância do nitrogênio	13
2.2. A cana-de-açúcar.....	15
2.3. A importância econômica da cana-de-açúcar.....	16
2.4. <i>Colletotrichum falcatum</i>	16
2.5. Principais medidas de controle.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Preparo de mudas.....	19
3.2. Cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes doses de nitrogênio.....	20
3.3. Inoculação com <i>Colletotrichum falcatum</i>	21
3.4. Avaliação da reposta da cana-de-açúcar a suplementação de nitrogênio.....	22
4. RESULTADOS	24
4.1. Avaliação da altura.....	24
4.2. Avaliação da reposta a infecção com <i>Colletotrichum falcatum</i>	28
4.3. Avaliação do diâmetro do colmo.....	29
4.4. Avaliação do teor de clorofila.....	30
4.5. Avaliação do teor de brix.....	33
4.6. Avaliação da matéria seca da parte aérea.....	33
4.7. Avaliação da matéria seca da raiz.....	34
5. DISCUSSÃO.....	36
6. CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum L*, introduzida no Brasil em 1502, é uma monocotiledônea perene, herbácea, da família Poaceae, própria de climas tropicais e subtropicais, originária do sudeste da Ásia (CESNIK e MIOCQUE, 2004). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o que coloca o país na liderança mundial em tecnologia de produção de etanol. Além de matéria-prima para a produção de açúcar, álcool, produção de alimento, ração animal, adubos orgânicos, seus subprodutos e resíduos são utilizados para cogeração de energia elétrica (EMBRAPA, 2011).

O nitrogênio é um dos principais fatores limitantes ao aumento ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas nos solos tropicais, pela sua dinâmica complexa e custo da obtenção na indústria, o que leva à busca de alternativas viáveis para minimizar a necessidade de aplicação e prolongar o seu tempo de disponibilidade para as plantas. (SOUZA e MELO, 2000).

O nitrogênio (N) é quantitativamente, de todos os nutrientes minerais, o mais importante para o crescimento das plantas, fundamental para a produção de biomassa. O N está presente nos pigmentos, como a clorofila, nas proteínas e nas enzimas que atuam como catalisadores na absorção de minerais do solo, na respiração, na fotossíntese e de muitos outros processos. Além disso, o nitrogênio é essencial para o crescimento das plantas, atuando no estímulo do perfilhamento, refletindo no aumento da produção. Assim as maiores limitações do meio para a produtividade da cana-de-açúcar, nas regiões canavieiras do Brasil, não se relacionam apenas à radiação solar, temperatura e, nem mesmo, água, mas também à disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque ao nitrogênio como concluiu (TRIVELIN, 2000).

Uma alternativa para o incremento da produtividade e sustentabilidade está relacionada ao uso de técnicas de agricultura de precisão, além do manejo localizado e pontual do N-fertilizante o qual gerará economia da dose aplicada, aumento da eficiência de uso do N-fertilizante e diminuição dos impactos ambientais. É evidente que a aplicação de N na cultura não deve estar associada apenas à produtividade esperada (SPIRONELLO et al., 1997).

É consenso na comunidade científica que o nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante para a produtividade das culturas em todo o mundo (MALHI et al., 2001). No Brasil uma das maiores limitações ao incremento de produtividade da cultura canavieira é a disponibilidade

de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o N (TRIVELIN, 2000).

O *Colletotrichum falcatum* é o fungo que causa a podridão vermelha, e uma das 13 principais doenças na cana-de-açúcar com incidência em vários países e que causa grandes perdas na produtividade do setor sucroalcooleira (NAYYAR et al., 2017). A perda da produtividade tem ligação com o patógeno produzir a enzima invertase que causa a inversão da sacarose, com isso interferindo negativamente pela indústria (SHARMA; TAMTA, 2015).

O *C. falcatum* tem hifas finas, incolores, ramificadas e septadas que pode infectar o hospedeiro de duas forma inter e intracelular. As hifas ainda são capazes de produzir estruturas de resistência chamadas clamidósporos, que são propágulos altamente resistentes em condições adversas por muitos períodos de tempo (SUNGANDHA, 2018). Os esporos possuem grande facilidade de dispersão por meio de correntes de ar, chuva, sistema de irrigação e insetos (MEJHAK, 2018).

O objetivo deste trabalho foi Avaliar o crescimento da cana-de-açúcar (RB92579) em resposta a diferentes fontes de nitrogênio e diferentes concentrações e a resposta ao patógeno *Colletotrichum falcatum*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A importância do Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um mineral de suma importância ao crescimento vegetal, e do mesmo estima-se que a cana-de-açúcar extraia cerca de 100 a 130 kg ha⁻¹, no entanto as doses de fertilizantes fornecem somente 30 a 60 kg ha⁻¹ (ROSSETTO e DIAS, 2005). O N é absorvido pelas plantas de modo, exclusivo ou combinado, nas formas de amônio (NH₄⁺) e de nitrato de (NO₃⁻), sendo este último preferencial para grande parte das culturas (CRAWFORD, 1995). Algumas espécies têm a capacidade de produção de mais biomassa ou armazenar uma quantidade elevada de N no seu crescimento, em relação a uma fonte e N em comparação com outra. É grande o interesse de avaliar o papel da preferência de fontes de nitrogênio absorvidas pelas plantas, a cana-de-açúcar fisiologicamente tem preferência na absorção por amônio em relação ao nitrato. O N está presente nos pigmentos, como a

clorofila, nas proteínas e nas enzimas que atuam como catalisadores na absorção de minerais do solo, na respiração, na fotossíntese e de muitos outros processos (TRIVELIN, 2000).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante para a produtividade das culturas em todo o mundo (MALHI et al., 2001). No Brasil uma das maiores limitações ao incremento de produtividade da cultura canavieira é a disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque para o N (TRIVELIN, 2000). Os inúmeros fatores que afetam a eficiência de utilização do nitrogênio pelas plantas são a: características do solo (pH, capacidade de troca de cátions (CTC) , matéria orgânica, textura, argila, aeração e compactação), condições climáticas (temperatura e precipitação) e as práticas agronômicas (cultivo, preparo do solo e rotação de cultura) (SUBBARAO et al., 2006).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, devido ao seu menor custo por unidade de N em relação aos demais adubos que contêm esse nutriente. A aplicação da ureia na superfície do solo e sem incorporação, pode gerar perdas de N por volatilização de NH_3 (LARA-CABEZAS et al., 1997; SANGOI et al., 2003; ROCHETTE et al., 2009a). As perdas por volatilização variam de 5% até quantidades extremamente altas, próximo de 50% ou mais. A dimensão das perdas depende das características específicas de cada solo e das condições climáticas no dia da aplicação. Fatores como baixa umidade do solo, temperaturas atmosféricas altas, dias de muito vento, e solos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e pH próximo de 7,0, maximizam sua perda (ERNANI, 2003).

As perdas não se limitam ao prejuízo econômico, também podem proporcionar a contaminação do ambiente, nesse sentido, grande é a preocupação com o teor de nitrato (NO_3^-) nas fontes de água (SPIERTZ, 2010, p. 43). O excesso de NO_3^- favorece o crescimento de bactérias que podem produzir substâncias tóxicas para os humanos. O NO_3^- em alta quantidade na água prejudica a saúde dos seus consumidores, sendo atribuídas a estas diversas síndromes e até mesmo indução à produção de substâncias carcinogênicas (DAVIDSON et al., 2012, p. 8).

O nitrogênio aplicado via fertilizante não é totalmente aproveitado pelas plantas, em razão de ser um elemento que sofre diversos tipos de transformações, com perdas irreversíveis e reversíveis. A ureia, principal fonte de adubação nitrogenada utilizada na agricultura, quando aplicada na superfície do solo, sofre hidrólise enzimática, formando o gás amônia (NH_3), que pode ser perdido para a atmosfera por volatilização (DA ROS; AITA; GIACOMINI, 2005). O sistema radicular tem a função de sustentação da planta além de absorção de água e nutrientes presentes na solução do solo associa-se a liberação de outros compostos orgânicos e inorgânicos ao solo, tendo alterações químicas, físicas e biológicas na

região do solo influenciada pelas raízes. Estes compostos podem atrair ou servir de substrato metabólico para as bactérias do solo, assim, são registradas altas populações na rizosfera e no rizoplano, na ordem de 10^7 , 10^9 e 10^5 , 10^7 unidades formadoras de colônias por grama de solo ou tecido fresco (UFC g^{-1}), respectivamente (BENIZRI; BAUDOIN; GUCKERT, 2001). A rizosfera é uma região do solo onde a raiz das plantas tem muita influência e apresenta grandes quantidades de atividades microbianas, com muitos inimigos naturais de bactérias, para que as bactérias tenham capacidades de se desenvolver e colonizar tanto a rizosfera como a rizoplano vai depender da taxa de crescimento populacional das bactérias, ter eficácia na utilização de substrato orgânico, produzir antibióticos.

2.2. Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta perene da família Poaceae, da classe monocotiledônea. As principais espécies surgiram na Oceania (Nova Guiné) e na Ásia (Índia e China), e as variedades cultivadas no Brasil e no mundo são a híbridos multiespecíficos. As principais características dessa família são a inflorescência em forma de espiga, o crescimento do caule em colmos, as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e a bainha aberta. A planta na forma nativa é perene, de hábito ereto e levemente decumbente na fase inicial do desenvolvimento. A cana-de-açúcar apresenta em seu desenvolvimento um auto sombreamento, que causa uma seleção dos perfilhamentos. O crescimento é contínuo até que possa ocorrer alguma limitação como falta de água, em temperaturas baixas, e seu florescimento. Em razão da falta de resistência às baixas temperaturas, a cultura se adapta melhor numa faixa de latitude 35° N e 30° S e altitudes que variam entre o nível do mar e mil metros de altura (RODRIGUES, 1995).

O Brasil é um país que tem grande importância para o agronegócio, e tem uma posição de destaque, como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, alguns fatores influenciarão como maiores áreas plantadas, condições climáticas favoráveis, maior demanda por etanol, novos mercados e seu baixo estoque mundial têm influenciado os preços, deixando o país favorável para exportação.

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas do Brasil e possui uma grande expressão tanto do ponto de vista econômico quanto social, pois sua principal matéria-prima é utilizada para a fabricação do açúcar e do álcool (etanol), além disso, os produtos derivados incluem melão, cachaça e resíduos gerados podem ser utilizados na alimentação animal, além da geração de empregos diretos e indiretos (BELLÉ et al, 2014).

O Nordeste brasileiro é uma das regiões mais competitivas na produção de açúcar e álcool no mundo, perdendo somente para o Centro-Sul do País. Ainda assim, o setor nordestino vem encolhendo. Nos últimos anos ocorreu o fechamento de diversas unidades produtivas na Região, redução da área plantada com cana e do número de postos de trabalho gerados pelo setor (CONAB, 2020).

2.3. A Importância Econômica da Cana-de-Açúcar

O Brasil tem um destaque no mundo no setor sucroenergético, com um mercado em crescimento em produzir açúcar como em etanol. Na produção de açúcar, o país é atualmente o maior produtor e exportador mundial, sendo que o estado de São Paulo se destaca com cerca de 20.000 toneladas produzidas somente na safra 2014/2015 (UNICA, 2015). Importantes foram as grandes inovações utilizadas para a produção de bioetanol no país, utilizando a genética das plantas e sementes adaptadas, foram tecnologias utilizadas em destilarias e usinas.

O cultivo comercial de cana-de-açúcar e de suas variedades ocorre em mais de 70 países e territórios. Brasil, Índia e China são os maiores produtores. No Brasil, o cultivo está largamente relacionado ao desenvolvimento econômico (UNICA, 2015), e o país é responsável por 61,8% das exportações mundiais de açúcar (MAPA, 2016).

A cana-de-açúcar tem uma grande importância econômica em ter capacidade de armazenamento de quantidades de sacarose, onde é explorado em agroindústrias em alimentos e bebidas, álcool e aguardente. A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância no agronegócio brasileiro, representando a indústria sucroalcooleira cerca de 2% das exportações nacionais, além de reunir 6% dos empregos agroindustriais brasileiros e contribuir de maneira efetiva para o crescimento do mercado interno de bens de consumo (BOLOGNA-CAMPBELL, 2007; UNICA, 2008).

O etanol produzido de cana-de-açúcar, nessa safra, pode atingir 29,8 bilhões de litros. Esse valor representa uma redução de 12,3% em relação à safra passada. Podemos notar que na safra anterior, teve-se uma maior produção de cana e um conjunto de acontecimentos negativos, possibilitou que a maioria da produção pode-se ser convertida em etanol, tornando a produção daquela safra a maior da história do setor sucroenergético nacional (CONAB, 2020).

2.4. *Colletotrichum falcatum*

A podridão vermelha como é conhecida pode ocorrer em vários estágios de desenvolvimento da planta e apresentam sintomas diferentes, essa doença pode causar a morte de gemas, o que leva a redução de germinação de toletes, apodrecimento do colmo e manchas foliares. Quando o patógeno ataca o colmo causa redução de produtividade por causa da morte dos colmos, diminuição da pureza e produção de sacarose. Diante disso, a doença causa a países produtores um grande impacto econômico. No Brasil a doença está associada a danos causados pela broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*). As perdas podem chegar 50% a 70% de sacarose, e redução de 12% a 41,5% da produtividade (KIMATI et al., 1997).

Nas folhas, as lesões estão restritas à nervura central, sob a forma de manchas alongadas de coloração vermelho-amarronzada, que posteriormente podem apresentar o centro claro. Nessas lesões, em decorrência das condições ambientais e da suscetibilidade da variedade, o fungo pode esporular, dando origem ao inóculo que irá infectar os colmos (SANGUINO, 2012). Nos colmos é onde a doença provoca os maiores prejuízos, causando uma podridão avermelhada, inicialmente, com manchas brancas transversais, tornando-se marrom-claro nas infecções mais avançadas. O sintoma do colmo somente é visível, cortando-o longitudinalmente (MATSUOKA, 2016).

A doença tem desenvolvimento inicial a partir de fontes do inóculo tanto primário como secundário. As fontes de inóculo primário são antigos caules e folhas fragmentados e outros detritos sobre os quais o fungo cresce de forma saprófita (MEJHAK, 2018). É uma das principais formas de transmitir o patógeno, com restos de culturas que é um dos grandes problemas de contaminação da cana-de-açúcar. Porém, as fontes secundárias de inóculos são as nervuras centrais de folhas doentes, onde a contaminação ocorre pelos conídios que são disseminados no ambiente por meio de agentes bióticos e abióticos (SUNGANDHA, 2018). Inúmeros fatores podem contribuir para a incidência da doença, como por exemplo, crescimento tardio da planta hospedeira por falta de operações culturais adequadas, cultivo contínuo da mesma variedade de cana-de-açúcar em uma determinada área ou até mesmo cultivo de variedades suscetíveis em áreas vizinhas (MEJHAK, 2018).

O fungo desenvolve hifas incolores, apresenta ramificações que infecta os hospedeiros nos espaços intercelulares e o interior das células. As hifas também produzem estruturas de resistência chamadas clamidósporos, que são propágulos vegetativos altamente resistentes capazes de sobreviver em condições adversas por um longo período (SUNGANDHA, 2018).

Os esporos são as principais fontes de dispersão do fungo, pois podem ser facilmente dispersos por meio de correntes de ar, chuva, sistema de irrigação e insetos (MEJHAK,2018).

2.5. Principais medidas de controle

A utilização de microrganismos no controle de doenças como a podridão vermelha, pode ser ecologicamente correta para melhorar os danos causados pelos métodos químicos (VITERBO et al., 2002). Com o controle biológico é possível usar microrganismos que interferem no ciclo de pragas e doenças contribuindo para reduzir os sintomas, com isso aumentar a produtividade. O gênero *Trichoderma* provavelmente é o mais utilizado no controle de doenças devido à sua natureza cosmopolita, pois este tem facilidade em colonizar diferentes substratos (DRUZHININA et al., 2011; ATANASOVA et al., 2013).

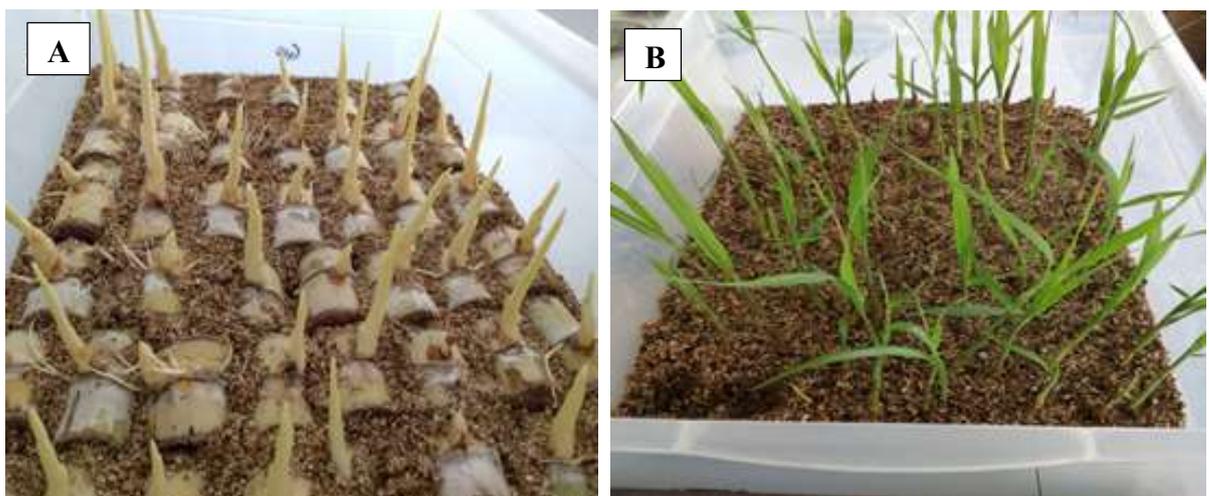
A utilização de variedades resistentes e utilização de mudas saudáveis possibilita evitar as perdas de produção por podridão vermelha, pode se tomar medidas como a utilização de variedades resistentes, utilização de mudas saudáveis e práticas como eliminação de restos de cultura e colmos afetados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo das mudas

Os colmos de cana-de-açúcar da variedade RB92579 foram coletados em cultivos comerciais e mantidos Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA – UFAL). De onde foram retirados fragmentos nodais de aproximadamente 2 cm. Os fragmentos foram mantidos em bandejas com vermiculita e irrigados com água destilada e mantidos em câmara úmida, por 72h, para indução da brotação das gemas. Os fragmentos nodais com as brotações com tamanho 5 cm foram transferidos para novos vasos (4L) contendo areia misturada com vermiculita na proporção de (2:1) e foram mantidos em ambiente aberto. As mudas foram mantidas por 4 semanas apenas sob irrigação com água destilada para consumo em parte das reservas nutricionais do colmo. Na quinta semana foi ministrada a adubação nitrogenada através de solução nutritiva. As doses de nitrogênio ministradas foram de 5, 10, 20 e 40 mM, nas formas de nitrato de cálcio, sulfato de amônio e nitrato de amônio.

Figura 1. Brotos induzidos a partir de gemas caulinares de cana-de-açúcar. **(A)** Germinação de gemas, mantidas em vermiculita em câmara úmida por 72 h. **(B)** Brotos após a câmara úmida que foram selecionados para o campo.



Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

3.2. Cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes doses de nitrogênio

A solução nutritiva base utilizada foi a solução de Hoagland modificada (Hoagland e Arnon, 1959), preparadas a partir de soluções estoque de macronutrientes (cálcio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (cloro, boro, manganês, zinco, cobre e molibdênio). Os tratamentos com a variação na suplementação de nitrogênio foram adicionados posteriormente diluindo a solução estoque de nitrogênio (1M) de acordo com concentração final do tratamento. Para os tratamentos, inicialmente foi preparada a solução base com os macronutrientes e micronutriente (CaCl_2 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , FeEDTA e micronutrientes) onde posteriormente foi adicionado de maneira separada as concentrações de N (5, 10, 20 e 40 mM). Uma solução base sem nitrogênio serviu como testemunha do experimento. Cada solução nutritiva (2 mM MgSO_4 , 1 mM CaCl_2 , 0,457mM KH_2PO_4 , 100 μM FeEDTA, 50 μM KCL, 2 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 10 μM MnSO_4 , 10 μM H_3BO_3 , 1 μM CuSO_4 e 0,35 μM Na_2MoO_4) relativa a cada tratamento de nitrogênio foi aplicada após 4 semana do transplântio das brotações para os vasos, onde foi fornecido 500 ml semanalmente durante 13 semanas. O experimento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (fonte e dose), tendo 3 fontes e 5 doses e composto por 3 repetições. A parcela do experimento foi constituída de 1 vaso contendo uma planta, Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O crescimento das plantas foi avaliadas semanalmente. A irrigação foi conduzida sempre que se observava o substrato seco na parte superior do vaso. A água foi fornecida lentamente em cada vaso até observar o início do escorrimento do líquido na parte inferior do vaso. A presença de plantas daninhas foi monitorada durante todo experimento, a medida que surgiam eram retiradas como maneira de evitar a absorção de nutrientes, comprometendo o experimento.

A resposta semanal a suplementação de nitrogênio foi avaliada através do crescimento das plantas medindo a altura do colmo principal. A altura foi medida da base a até a bainha da folha completamente desenvolvida (folha +1). Os dados foram utilizados para avaliação final na determinação da curva de crescimento semanal em relação à resposta a fonte de nitrogênio ministrada.

No final do experimento os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As avaliações diâmetro

do colmo também foram realizadas no final do experimento (13^o semana), com auxílio de paquímetro digital (Disma). O diâmetro foi medido da base do primeiro colmo.

Figura 2. Medição da altura da planta da base até a bainha à folha mais desenvolvida.

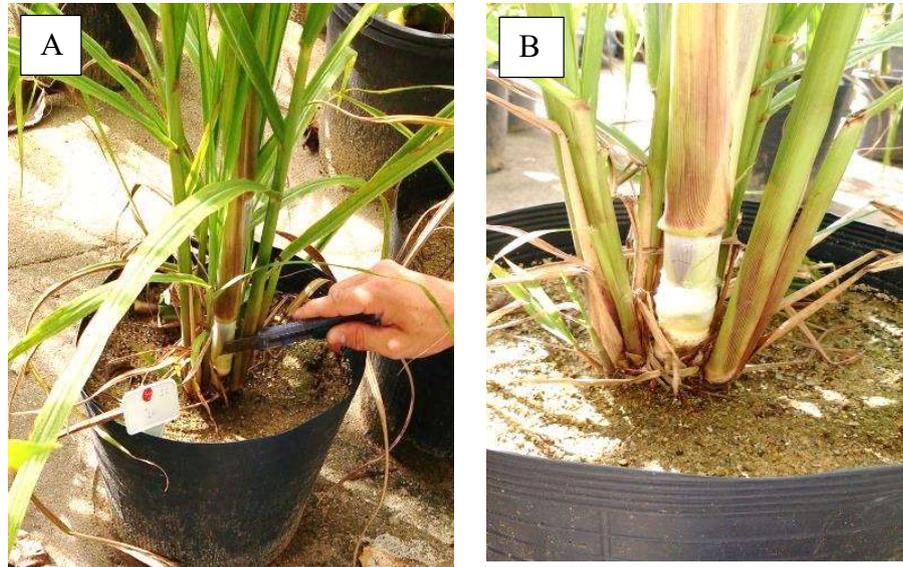


Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

3.3. Inoculação com *Colletotrichum falcatum*

O isolado utilizado compõe a coleção de microrganismos da Clínica Fitossanitária do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA – UFAL). A inoculação aconteceu 60 dias após o primeiro fornecimento de nitrogênio. O patógeno (*C. falcatum*) mantido em Castelani foi revigorado, sendo transferido para placas de petri contendo meio de cultura BDA (Batata, Dextrose e Agar 2%), onde foram feitas 3 repetições do isolado. Os cultivos em placas foram mantidos em condições de ambientais. A inoculação do patógeno nas plantas foi realizada após 7 dias de desenvolvimento do isolado purificado em placas. A inoculação foi realizada por lesões provocadas por estilete estéril na planta, medindo 2 e 3 centímetros, na altura de 10 cm do colo no sentido diagonal (Figura 5-A). Um disco com meio da cultura contendo o fungo foi depositado na lesão e foi coberto com um pedaço de algodão úmido com água destilada e fixado com filme plástico, formando uma câmara úmida (Figura 5-B). Na avaliação da inoculação, os colmos foram divididos ao meio, onde foram observadas as lesões e foram feitas medidas em dois sentidos opostos.

Figura 3. Inoculação do fungo *Colletotrichum falcatum*. **(A)** Ferimento causado com estilete estéril na diagonal para a inoculação com disco de micélio. **(B)** Ferimento já inoculado com o patógeno envolto com algodão e plástico filme formando câmara úmida.



Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

3.4. Avaliação da resposta da cana-de-açúcar a suplementação de nitrogênio

As plantas foram acompanhadas para o crescimento semanal. No final do experimento na 13ª semana, 30 dias após acontecer à inoculação com *C. falcatum*, foi avaliada a suscetibilidade a *C. falcatum*, índice spad, teor brix, massa seca parte aérea e da raiz. A medição de clorofila aconteceu na folha +1, utilizando o medidor SPAD (SPAD-502-PLUS, KONICA MINOLTA). As medições foram realizadas ao longo da folha sendo realizada 6 leituras e utilizando a média para registro do valor de SPAD.

O Teor de brix foi realizado no momento da coleta das plantas para determinação da biomassa. Após o corte da parte aérea rente o nível do substrato, o primeiro colmo da base foi utilizado para coleta do caldo para análise. A determinação do teor de Brix foi realizada com o caldo retirado do primeiro colmo da parte inferior, o colmo mais desenvolvido. O caldo foi extraído por esmagamento e acondicionado em tubos. Uma quantidade do caldo foi utilizada para determinar o teor de Brix foi realizado com o uso de refratômetro (Instrutherm). O volume utilizado para análise foi de 100 µl.

A matéria seca foi coletada após as avaliações de sintomas no caule das plantas. A determinação da matéria seca foi com material vegetal coletado da parte aérea (folhas, colmo e perfilho) e sistema radicular (raízes). A parte aérea foi coletada com o corte do colmo rente

à superfície do substrato e foram guardadas em sacos de papel identificado com código da parcela. As folhas secas também foram coletadas. As raízes foram lavadas e separadas do substrato com jatos leves de água, tanto as amostras da parte aérea e sistema radicular foram secados em estufa com circulação forçada de ar 60°C por 120 h, após a secagem as raízes foram separadas de impurezas e pesadas, assim como a parte aérea.

Figura 4. Pesagem e armazenamento das amostras da de cana-de-açúcar. **(A)** Amostras da parte aérea e raízes armazenadas em bandejas com papel kraft, nomeadas com códigos referentes a cada tratamento. **(B)** Pesagem das amostras de raízes em balança semi analítica.



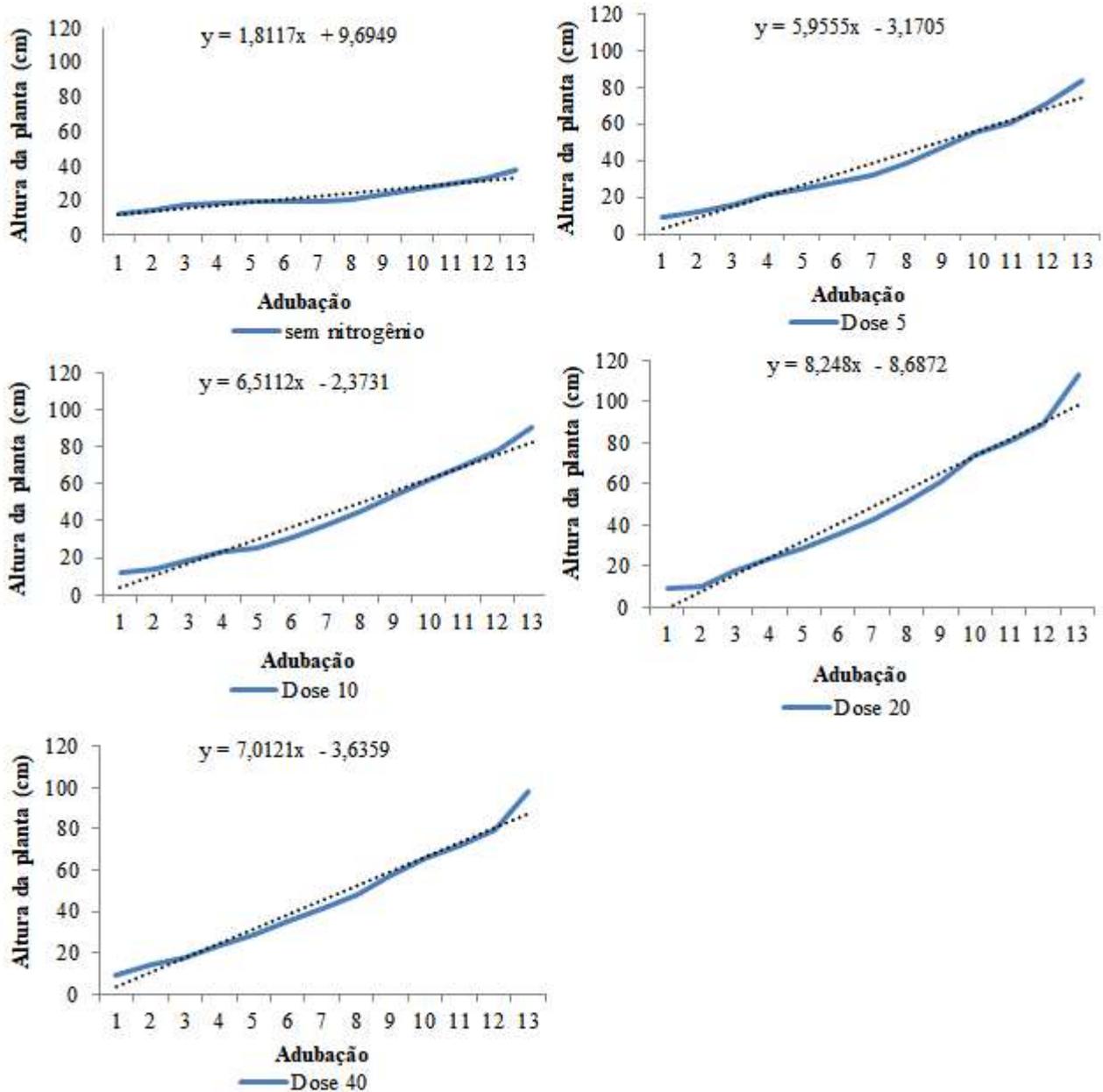
Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

4. RESULTADOS

4.1. Avaliação da altura

As plantas responderam a suplementação de nitrogênio. A resposta as doses semanais podem ser comparadas através do coeficiente de inclinação da reta para cada dose. No tratamento com nitrato de amônio, sem fornecimento de N a curva de crescimento foi achatada com um coeficiente de inclinação de 1,81. As plantas atingiram uma altura média de 37,5 cm. No tratamento com 5 e 10 mM o crescimento foi mais acentuado com coeficiente de inclinação de 5,95 e 6,51 com plantas atingindo uma altura médio de 100 cm. O tratamento com 20 mM, o crescimento foi mais acentuado, o coeficiente foi de 8,24 e a planta atingiram 120 cm. A maior dose aconteceu uma redução do crescimento, o coeficiente foi 7,01 e as plantas atingiram uma altura média de 100 cm.

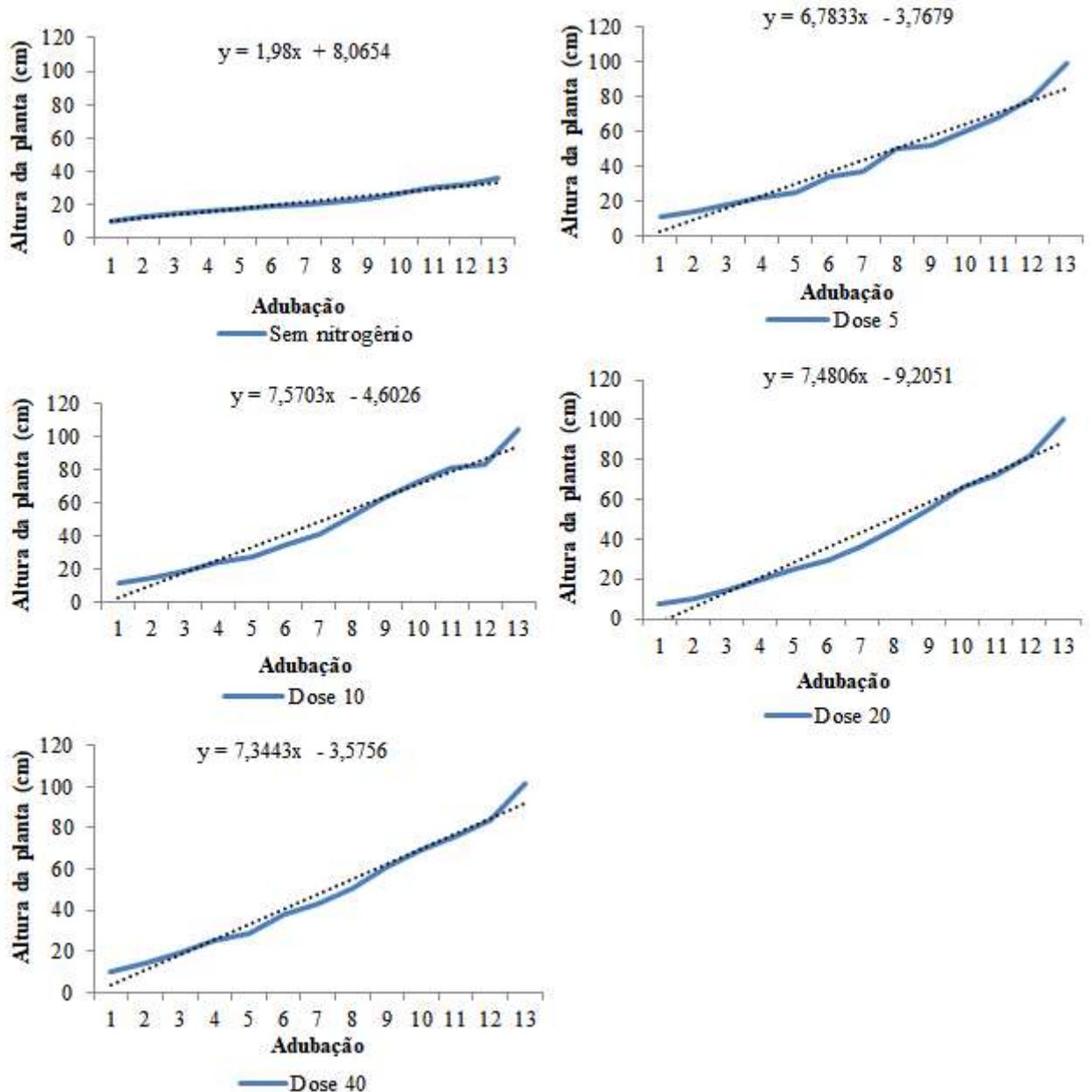
Figura 5. Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função dos dias de adubação nas doses (0, 5, 10, 20, 40) de nitrato de amônia.



A resposta as doses semanais podem ser comparadas através do coeficiente de inclinação da reta para cada dose. No tratamento com nitrato de cálcio, o tratamento sem fornecimento de N a curva de crescimento foi achatada com um coeficiente de inclinação de 1,98. As plantas atingiram uma altura média de 36 cm. No tratamento com 5 e 10 mM o crescimento foi mais acentuado com coeficiente de inclinação de 6,78 e 7,57 com plantas atingindo uma altura média de 99,1 e 104 cm. O tratamento com 20 mM, o crescimento foi mais acentuado, o

coeficiente foi de 7,48 e a planta atingiram 100 cm. A maior dose se manteve constante ao crescimento, o coeficiente foi 7,34 e as plantas atingirá uma altura média de 101 cm.

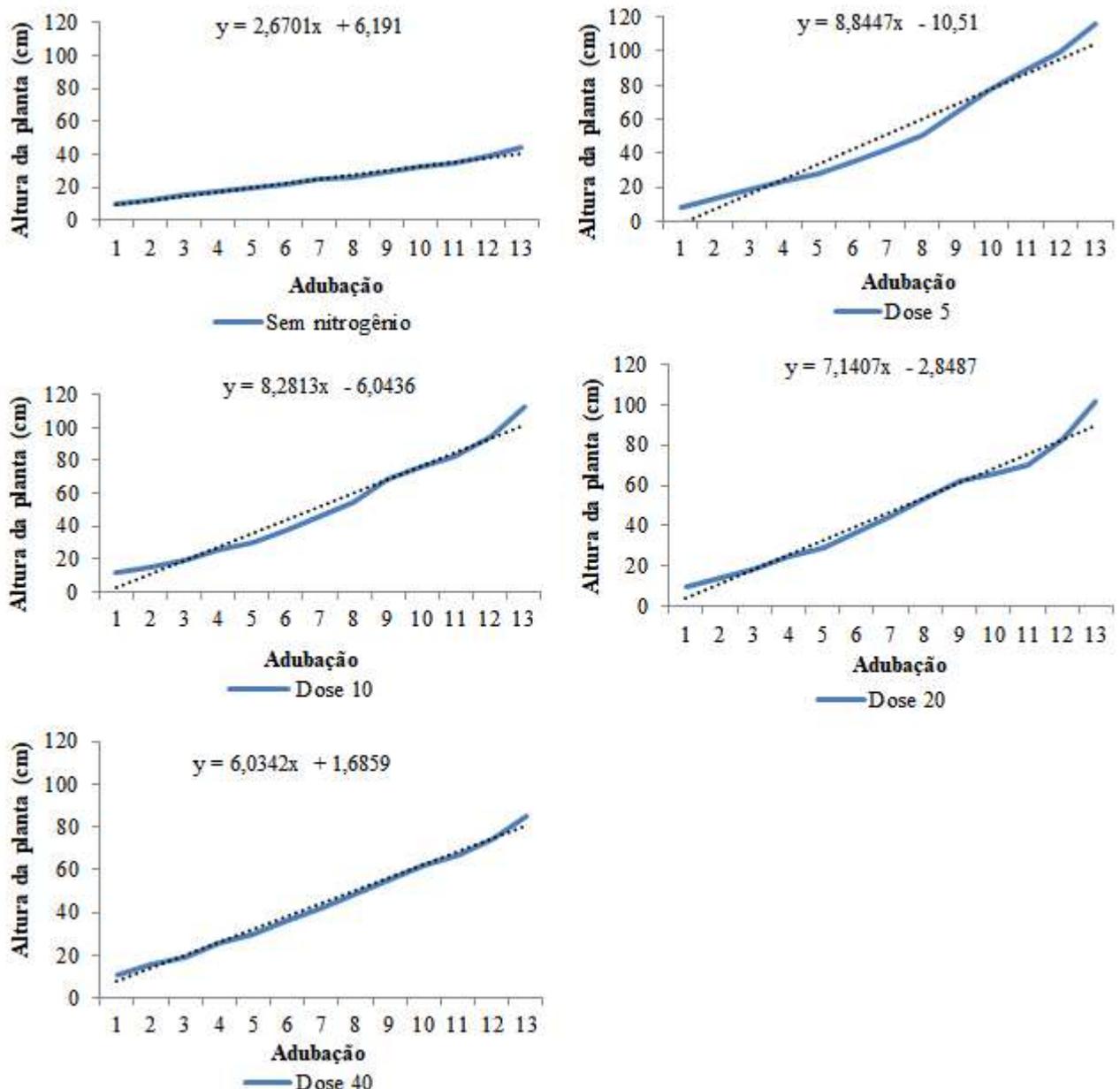
Figura 6. Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função dos dias de adubação nas doses (0, 5, 10, 20, 40) de nitrato de cálcio.



A resposta as doses semanais podem ser comparadas através do coeficiente de inclinação da reta para cada dose. No tratamento com sulfato de amônio, o tratamento sem fornecimento de N a curva de crescimento foi achatada com um coeficiente de inclinação de 2,67. As

plantas atingiram uma altura média de 44 cm. No tratamento com 5 o crescimento foi mais acentuado com coeficiente de inclinação de 8,84, com plantas atingindo uma altura médio de 116,5 cm. No tratamento com 10 o crescimento apresentou uma diminuição de crescimento com coeficiente de inclinação de 8,28, com plantas atingindo uma altura média de 113 cm. O tratamento com 20 mM, redução do crescimento comparado com a última dose, o coeficiente foi de 7,14 e a planta atingiram 101 cm. A maior dose aconteceu uma redução do crescimento, o coeficiente foi 6,03 e as plantas atingira uma altura média de 85 cm.

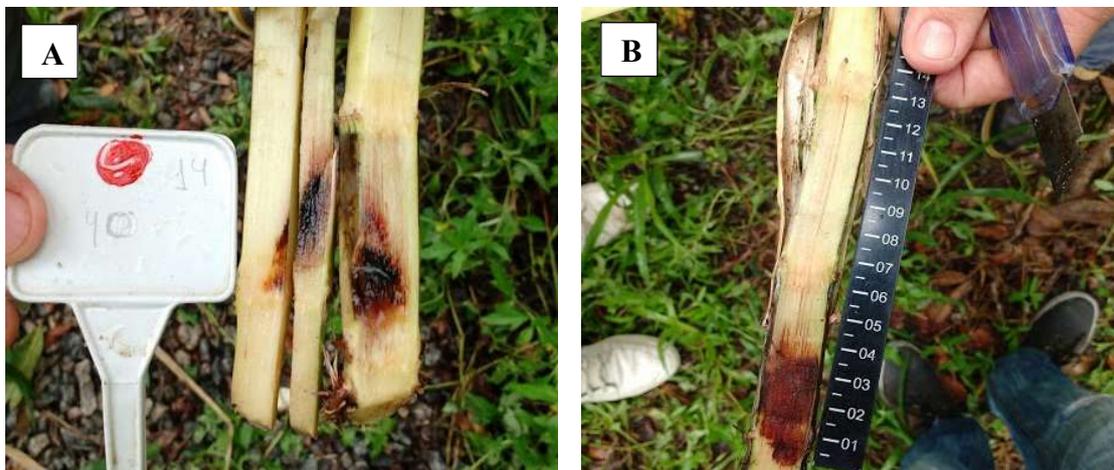
Figura 7. Curva de monitoramento da altura da cana-de-açúcar em função das doses (0, 5, 10, 20, 40) de sulfato de amônio.



4.2. Avaliação da resposta a infecção com *Colletotrichum falcatum*

As plantas inoculadas foram avaliadas aos 30 dias após a inoculação sendo avaliadas duas canas para reações de podridão vermelha. As canas foram cortadas ao nível do solo e abertas longitudinalmente para avaliar a severidade da podridão vermelha no interior dos tecidos (Figura 8). A largura da lesão, transgressão nodal, presença de manchas brancas e condição da coroa foram os parâmetros considerados para avaliar a severidade da podridão vermelha.

Figura 8. Inoculação de *Colletotrichum falcatum*. (A) Tratamento de nitrato de amônio na dose de 40 mM, lesão apresentando coloração preta no centro e avermelhada nas bordas. (B) Medição da lesão causada pelo patógeno.



Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

As plantas não apresentaram sintomas externos. As lesões vermelhas ficaram restritas a região de inoculação com transgressão nodal em algumas amostras sem associação com os tratamentos (Figura 9). Todas as plantas inoculadas de todos os tratamentos apresentaram nenhum ou pouco desenvolvimento dos sintomas da podridão vermelha. O crescimento das plantas inoculadas não foi afetado pelo desenvolvimento dos sintomas nas plantas.

Figura 9. Sintomas de *Colletotrichum falcatum* em colmos inoculados de cana-de-açúcar cultivados com suplementação de nitrogênio com diferentes fontes e doses **(A)** Tratamento de nitrato de amônio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio, **(B)** Tratamento de nitrato de cálcio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio e **(C)** Tratamento de sulfato de amônio 0, 5, 10, 20 e 40 mM de nitrogênio.

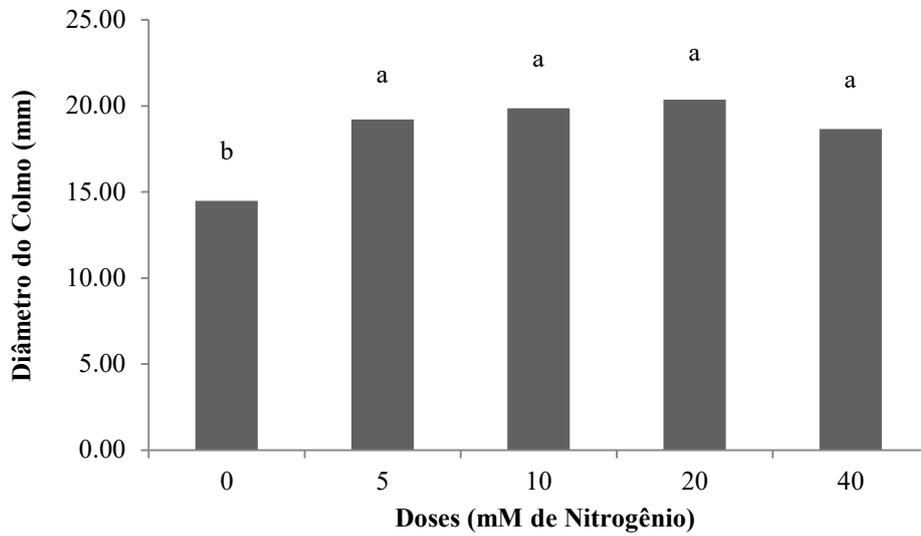


Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021

4.3. Avaliação do diâmetro do colmo

O diâmetro médio do colmo na condição sem suplementação do nitrogênio foi de 15 mm. Os diâmetros medidos com as suplementações foram superiores a 20 mm, porém sem diferenciar entre fontes ou doses (Figura 10).

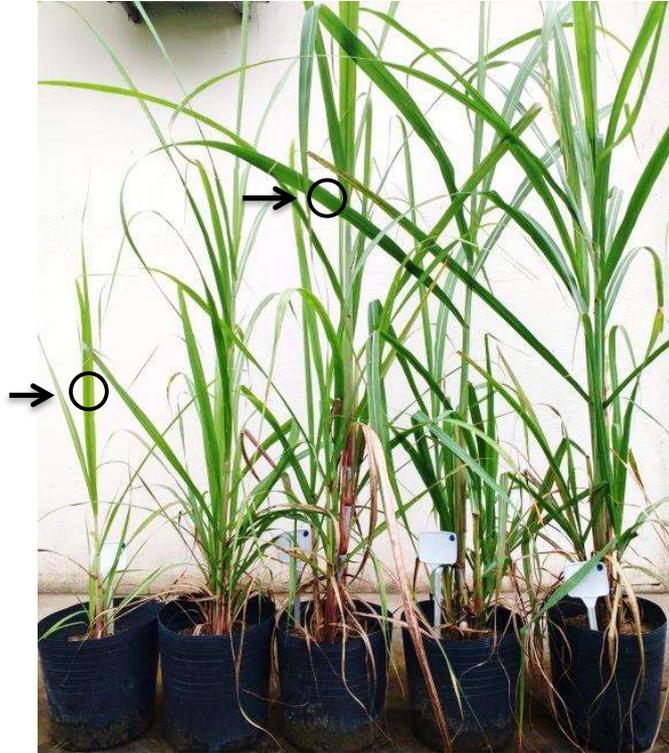
Figura 10. Médias do diâmetro do colmo de cana-de-açúcar em função das diferentes doses de nitrogênio (0, 5, 10, 20, 40). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.



4.4. Avaliação do teor de clorofila

A avaliação do teor de clorofila foi realizada no final do experimento quando se observou uma diferença na pigmentação das folhas entre os diferentes tratamentos, principalmente nas plantas conduzidas sem suplementação de nitrogênio (Figura 11).

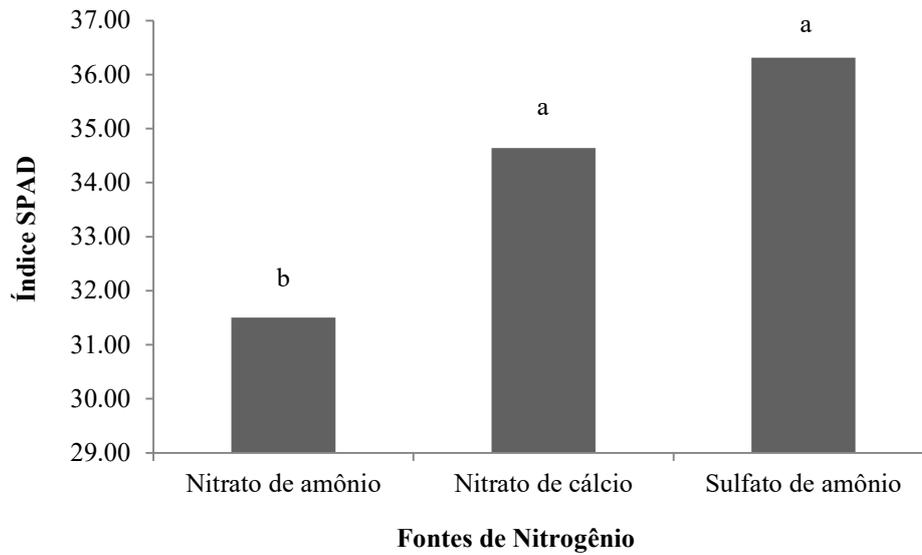
Figura 11. Cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de nitrogênio 0, 5, 10, 20, 40 (mM), no tratamento com nitrato de cálcio, onde é possível verificar a diferença de pigmentação das folhas entre cada dose.



Fonte: MEDEIROS, K.F.G. 2021.

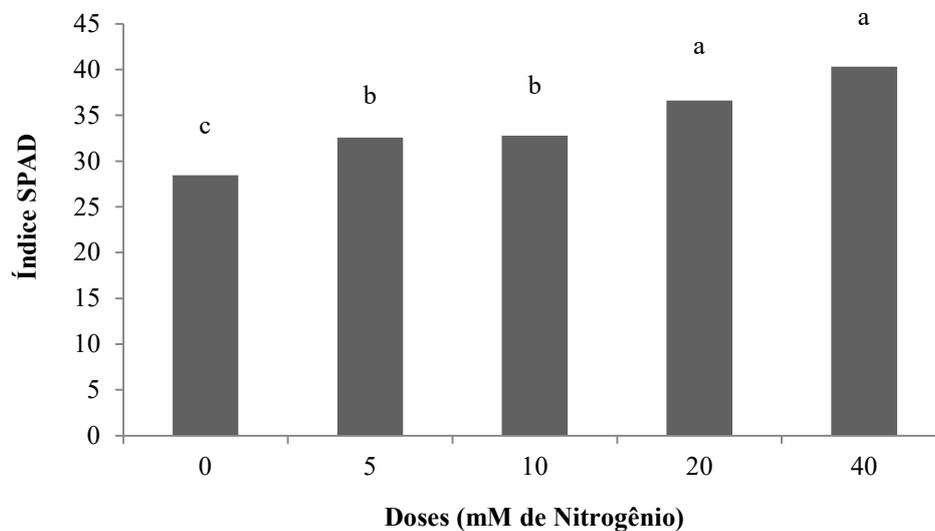
As plantas suplementadas com nitrato de amônio apresentaram valores médios do índice SPAD menores (31) e plantas tratadas com nitrato de cálcio e sulfato de amônio apresentaram os maiores valores médios (36), sem diferenciar entre as duas fontes (Figura 12).

Figura 12. Índice SPAD de cana-de-açúcar em função de diferentes fontes de nitrogênio (nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de amônio). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.



O efeito da dose também foi perceptível, mas sem interação fonte e dose. Os valores médios do índice SPAD variaram de 28 a 38. As plantas tratadas com maiores valores médios do índice SPAD foram as suplementadas com 20 e 40 mM de N enquanto as suplementações com 5 e 10 mM de N apresentaram índices menores (Figura 13). As plantas cultivadas sem suplementação de nitrogênio apresentaram os menores índices SPAD, 28.

Figura 13. Índice SPAD de cana-de-açúcar em função de diferentes doses de nitrogênio (0, 5, 10, 20, 40). Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.



4.5. Avaliação do teor de Brix

O teor de Brix apresentou interação entre fonte e dose. As plantas com maiores teores de Brix foram as suplementadas com nitrato de amônio e nas menores concentração, 5 e 10 mM de N (Tabela 3). No fornecimento com nitrato de cálcio os maiores teores de brix foram observadas nas plantas suplementadas com 10 mM. Entre as plantas tratadas com sulfato de amônio, os maiores valores de Brix foram observadas nas plantas suplementadas com 5 e 10 mM de N.

Tabela 1: Teor de brix (Média \pm erro padrão) nos tratamentos com fontes de Nitrogênio, nas doses 0, 5, 10, 20, 40.

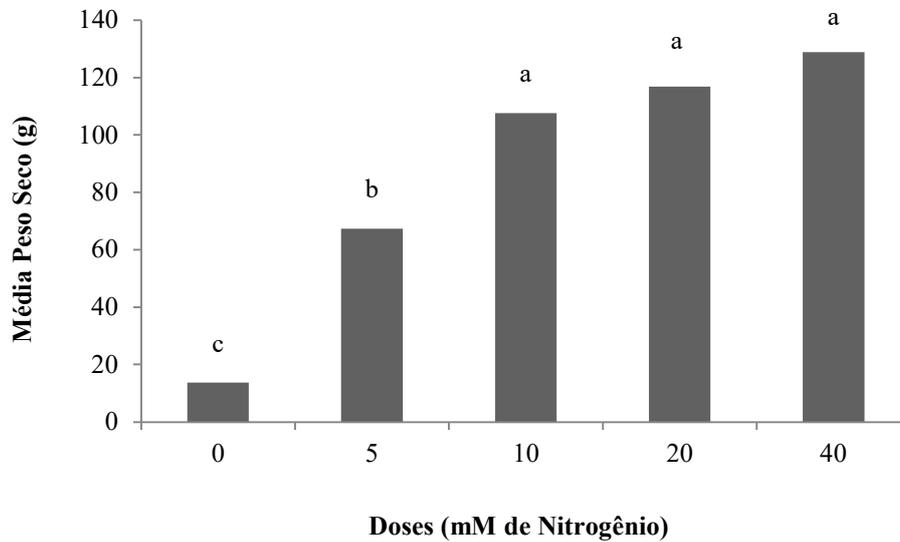
	DOSES				
	Sem Nitrogênio	5	10	20	40
Nitrato de Amônio	6,67 \pm 0,88 aC	16,67 \pm 0,88 aA	16,00 \pm 0,57 aA	15,00 \pm 0,57 aAB	11,67 \pm 1,45 aB
Nitrato de Cálcio	7,67 \pm 1,76 aB	8,50 \pm 0,28 bB	13,50 \pm 1,75 abA	7,25 \pm 0,43 bB	7,83 \pm 0,60 bB
Sulfato de Amônio	6,00 \pm 0,57 aB	10,83 \pm 1,36 bA	12,17 \pm 1,01 bA	9,33 \pm 0,88 bAB	8,83 \pm 0,72 abAB

Médias \pm erro padrão seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6. Avaliação da massa seca da parte aérea

A produção de massa seca da parte aérea pelas plantas não apresentou diferenças devido ao tipo de fonte. No entanto, houve resposta para as doses. As plantas sem suplementação apresentaram a menor produção de matéria seca (20 g). A menor suplementação fez com as plantas triplicassem a produção e material seca (60 g). A segunda maior suplementação aumentou em 5 vezes a produção de matéria seca (100 g) em relação as plantas sem fornecimento de N. No entanto após a segunda suplementação (10 mM de N), ao dobrar as doses (20 e 40 mM de N), a produção de biomassa da parte aérea apresentou incrementos não proporcionais sem significância estatística.

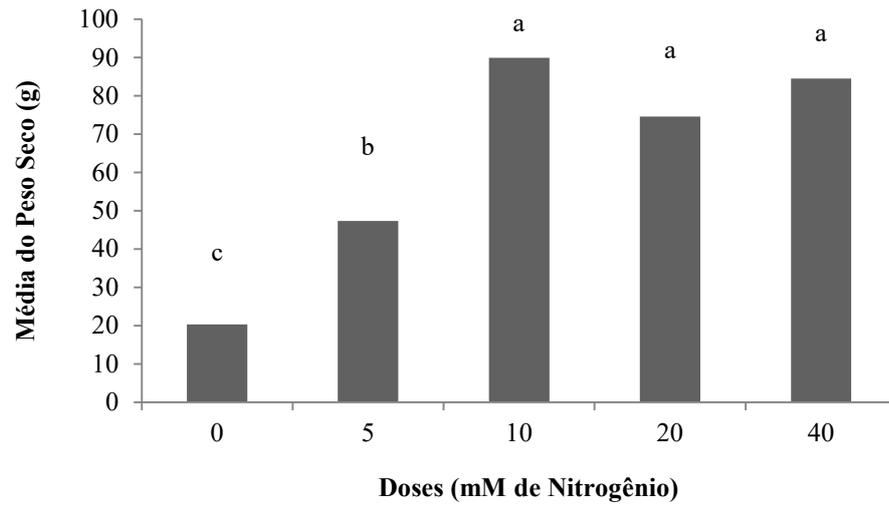
Figura 14. Matéria seca da parte aérea de cana-de-açúcar sobre diferentes doses de nitrogênio. Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.



4.7. Avaliação da massa seca das raízes

A produção de massa seca das raízes pelas plantas não apresentou diferenças devido ao tipo de fonte. No entanto, houve resposta para as doses. As plantas sem suplementação apresentaram a menor produção de matéria seca da raiz (20 g). A menor suplementação fez com as plantas dobrassem a produção e material seca da raiz (40 g). A segunda maior suplementação aumentou em 4,5 vezes a produção de matéria seca da raiz (100 g) em relação às plantas sem fornecimento de N. No entanto após a segunda suplementação (10 mM de N), ao dobrar as doses (20 e 40 mM de N), a produção de biomassa raiz apresentou reduções sem significância estatística.

Figura 15. Teor de matéria seca da raiz de cana-de-açúcar sobre diferentes fontes e doses de nitrogênio. Barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.



5. DISCUSSÃO

No experimento avaliado foi possível observar a diferença entre fontes e doses no índice SPAD, apresentando resposta a determinadas doses comparadas com outras testadas, as doses fornecidas podem atuar positivamente para a produção como negativamente dependendo da quantidade de N fornecida à planta. Como a quantidade de nitrogênio tem resposta direta com a produtividade, é importante a determinação de uma dose para que a planta possa alcançar o mais próximo de sua máxima produção. Os tratamentos avaliados apresentaram relação à preferência da planta para a fonte de nitrogênio.

O diâmetro do colmo não apresentou diferença entre as fontes de nitrogênio avaliadas, de acordo com análise estatística, eram esperadas que as fontes influenciassem no diâmetro do colmo, logo as fontes de nitrogênio avaliadas não apresentaram influência sobre o diâmetro do colmo. Marcelo, D (2008) observou que não houve efeito significativo para doses, fontes e interação entre fontes e doses em relação ao diâmetro de colmo de cana-de-açúcar.

No entanto o teor de clorofila na fonte de sulfato de amônia teve maiores valores comparado com as outras fontes avaliadas. O nitrato de cálcio apresentou o segundo melhor resultado, já o nitrato de amônio teve o pior resultado. Em relação ao teor de clorofila, o fornecimento de amônio favorece os maiores teores de clorofila nas folhas. Em relação às doses a planta apresentou resposta crescentes ao nitrogênio, tendo um melhor desempenho na dose mais alta.

No teor de brix a cana-de-açúcar teve um melhor rendimento de produção de sacarose com nitrato de amônio, a planta apresentou preferência às duas fontes juntas no fornecimento o nitrato e o amônio. Em relação à dosagem, a dose mais baixa a 5 apresentou o melhor resultado, mostrando que com o aumento da dose a planta passa a responder negativamente para produção.

A produção de biomassa da planta teve uma resposta crescente até a dose 20, já em uma dose superior a planta não responde a produção de biomassa. A fonte de nitrogênio não teve influência na produção de biomassa. Kolln, Oriel Tiago (2016), verificaram a preferência de absorção por amônio em relação ao nitrato e observaram que em relação ao acúmulo de massa seca da raiz em cana-de-açúcar o genótipo RB92579 apresentou a pior resposta nos tempos avaliados T0, T24, T72.

O fornecimento de nitrogênio nas diferentes formas não influenciou a resposta da planta ao patógeno. (JASPER, 2020) verificaram na avaliação de sintomas, e em nenhuma planta verificou-se a presença de sintomas da doença, com isso pode-se afirmar que o fungo

não se desenvolveu no tolete e não influenciou no plantio da cana, mesmo em variedades suscetíveis.

O nitrogênio pode atuar como um modulador do sistema de defesa da planta. Níveis baixos de nitrogênio deixam as plantas suscetíveis e a suplementação com nitrogênio determina o caráter de resistência (Mur et al., 2017). Apenas plantas nutridas com nitrato recuperam a resistência, a suplementação com amônio aumenta a suscetibilidade. A suplementação com nitrato melhora a tolerância da planta enquanto o amônio afeta a resistência ao estresse abiótico (Meng et al., 2016). O fenômeno não foi observado para a interação entre a variedade RB92579 e *C. falcatum*.

6. CONCLUSÕES

A fonte de nitrogênio não interferiu na resposta da planta a infecção por *Colletotrichum falcatum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATANASOVA, L., LE CROM, S., GRUBER, S., COULPIER, F., SEIDL-SEIBOTH, V., KUBICEK, C. P., et al. 414 (2013). Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* 415 mycoparasitism. *BMC Genomics*, 14, 121, doi:10.1186/1471-2164-14-121.
- 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.
- BENIZRI, Emile; BAUDOIN, Ezékiel; GUCKERT, Armand. Root colonization by inoculated plant growth rhizobacteria. *Biocontrol Science and Technology*, v. 11, n. 5, p. 557-574, 2001.
- BOLOGNA-CAMPBELL, I. Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solocana-de-açúcar no ciclo de cana-planta. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BAILEY, R. Disease control. In: MEYER, J. (Ed.). **Good management practices: manual for the cane sugar industry** (final). Washington, DC: IFC, 2011. p. 313-332.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 7 - Safra 2019/20, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-62 dezembro de 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>, Acesso em: 25 março 2021.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. Melhoria da cana-de-açúcar. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2004.
- CRAWFORD, N.M. Nitrate: nutriente and signal for plant growth. **The Plant Cell**, v.7, p.859-868, 1995.
- DAVIDSON, Eric et al. Excess nitrogen in the U. S. environment: Trends, risks and solutions. *Issues in Ecology*, n. 15, p. 1-16, 2012.
- DA ROS, Clovis Orlando; AITA, Celso; GIACOMINI, SandroGiacomini. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 35, n. 4, p.799-805, 2005.
- DRUZHININA, I. S., SEIDL-SEIBOTH, V., HERRERA-ESTRELLA, A., HORWITZ, B. A., KENERLEY, C. M., MONTE, E., et al. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nat Rev Microbiol*, 9(10), 749-759, doi:10.1038/nrmicro2637.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2011. Agência de Informação Embrapa: Cana- de- açúcar. Fonte consultada: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/Abertura.html>. Acesso em: 01 maio 2021.

JASPER, MÔNICA (Organizadora). **Aspectos fitossanitários da agricultura**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

KIMATI, Hiroshi et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997.

LARA-CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G. & MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. R. Bras. Ci. Solo, 21:481-487, 1997.

MARCELO, D. N. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008, 44 p.

MALHI, S.S.; GRANT, C.A.; JOHNSTON, A.M.; GILL, K.S.; Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. Soil&TillageResearch, v.60, p.101-122, 2001.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2016. Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília: MAPA.

MATSUOKA, S. Manejo de doenças e medidas de controle. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Eds.). Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016. cap. 5, p. 108-138.

MEJHAK, N. (2018). Red Rot of Sugarcane: Symptoms and Control Plant Diseases. <http://www.biologydiscussion.com/plants/plant-diseases/red-rot-of-sugarcanesymptoms-and-control-plant-diseases/58688>. Acesso em: 25 abril 2021.

MENG, S.; SU, L.; LI, Y.; WANG, Y.; ZHANG, C.; ZHAO, Z. (2016). Nitrate and ammonium contribute to the distinct nitrogen metabolism of *Populus simonii* during moderate salt stress. PLOS ONE 11, e0150354. doi:10.1371/journal.pone.0150354

MUR, L.A.J.; SIMPSON, C.; KUMARI, A.; GUPTA, A.K.; GUPTA, K.J. (2017). Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. Ann. Bot. 119, 703–709. doi:10.1093/aob/mcw179.

NAYYAR, S., SHARMA, B. K., KAUR, A., KALIA, A., SANGHERA, G. S., THIND, K. S., et al. (2017). Red rot resistant transgenic sugarcane developed through expression of beta-1,3-glucanase gene. PLoS One, 12(6), e0179723, doi:10.1371/journal.pone.0179723.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; MacDONALD, J.D.; GASSER, M. & BERTRAND, N. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. Nutr. Cycling Agroecosyst., 84:71-80, 2009a.

RODRIGUES, J.D. 1995. Fisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu. 101p.

ATHYABHAMA, M.; VISWANATHAN, R.; NANDAKUMAR, M.; MALATHI, P.; RAMESH SUNDAR, A. Understanding sugarcane defense responses during the initial phase

of *Colletotrichum falcatum* pathogenesis by suppression subtractive hybridization (SSH). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 91, p.131- 140, 2015.

SANGUINO, A. As principais doenças em cana-de-açúcar. Curso Tópico da Cultura de Cana IAC. Campinas, p. 14-16, 2012.

SUBBARAO, G.V.; ITO, O.; SAHRAWAT, K.L.; BERY, W.L.; NAKAHARA, K.; ISHIKAWA, T.; WATANABE, T.; SUENAGA, K.; RONDON, M.; RAO, M. Scope and Strategies for regulation of nitrification in Agricultural Systems. **Challenges and Opportunities Plant Sciences**, v.25, p. 303-335, 2006.

SUNGANDHA, G. (2018). Red Rot of Sugarcane (With Diagram). <http://www.biologydiscussion.com/plants/plant-diseases/red-rot-of-sugarcane-withdiagram/64325>. Acesso em: 01 maio 2021.

SPIRONELLO, A., B. VAN RAIJ, C.P. PENATTI, H. CANTARELLA, J.L.M. MORELLI, J. ORLANDO FILHO, M.G.A. LANDELL, R. ROSSETO. Cultura da Cana-de-Açúcar. In: RAIJ, B.VAN., H. CANTARELLA, J.A. QUAGGIO, A.M.C. FURLANI. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.237-239

SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:885-896, 2000.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A. & RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. *Ci. Rural*, 33:87-692, 2003.

SPIERTZ, Julianne Huub J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 30, n. 1, p. 43-55, 2010.

SHARMA, R., & TAMTA, S. (2015). A Review on Red Rot: The "Cancer" of Sugarcane. *Plant 533 Pathology & Microbiology*.

TRIVELIN, P.C.O. Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com o uso do traçador ¹⁵N. 2000. 143p. Tese (Livre-Docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1982. 70 p.

UNICA - União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Setor Sucroenergético. 2015. Disponível em: Acesso em: 10 de Dezembro 2020.

UNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. 2008. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=UNICA%20em%20açã&SubSecao=cana-de-açúcar>>. Acesso em: 01 maio 2021.

Viterbo, A., Ramot, O., Chemin, L., & Chet, I. (2002). Significance of lytic enzymes from *Trichoderma* spp. in the biocontrol of fungal plant pathogens. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81(1-4), 549-556, doi:10.1023/A:1020553421740.