

Efeito da adubação nitrogenada na qualidade e produtividade da cana energia em comparação à matéria-prima açucarada

SILVA, Fábio César da;
SANTOS, Jennifer Thamara Conceição;
CARVALHO, Sânda Santos de;
MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade.
LIENDO SILVA, Gael Silvia Penaranda
ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton

Resumo

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, sendo utilizada principalmente na produção de açúcar, etanol e energia elétrica. A cana energia, também conhecida como cana-de-açúcar para bioenergia, é uma variedade específica de cana que apresenta alto teor de biomassa e pode ser utilizada como fonte de energia renovável, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. Nessa circunstância, o uso adequado da adubação nitrogenada na produção da cana energia pode ser fundamental para a maximização da produtividade da cultura e, consequentemente, para a melhoria da rentabilidade dos produtores e da competitividade do setor sucroenergético brasileiro. O estudo foi conduzido em campo, na Usina Granelli, em Ipeúna-SP, em solo Argissolo de textura arenosa. Os tratamentos principais consistiam em três variedades de cana-de-açúcar que receberam quatro doses de nitrogênio na forma de ureia e nitrato de amônia. Para avaliar a resposta das variedades à adubação nitrogenada, foram medidos o acúmulo de matéria seca, a taxa de produção de matéria seca e a taxa de crescimento relativo em relação aos níveis de nitrogênio. Outros parâmetros avaliados incluíram teor de fibra, açúcares totais recuperáveis, Brix e pol. O experimento foi realizado em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 10,5 m de comprimento com espaçamento entrelinhas de 1,5 m.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, cana energia, nitrogênio.

Summary

Sugarcane is a crop of great economic importance for Brazil, being used mainly in the production of sugar, ethanol and electricity. Energy cane, also known as bioenergy sugar cane, is a specific variety of sugar cane that has a high biomass content and can be used as a source of renewable energy, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and the diversification of the energy matrix. In this circumstance, the appropriate use of nitrogen fertilizer in the production of energy cane can be fundamental for maximizing the productivity of the crop and, consequently, for improving the profitability of producers and the competitiveness of the Brazilian sugar-energy sector. The study was conducted in the field, at the Granelli Plant, in Ipeúna-SP, in Argisol soil with a sandy texture. The main treatments consisted of three varieties of sugar cane that received four doses of nitrogen in the form of urea and ammonium nitrate. To evaluate the response of varieties to nitrogen fertilization, dry matter accumulation, dry matter production rate and relative growth rate in relation to nitrogen levels were measured. Other parameters evaluated included fiber content, total recoverable sugars, Brix and pol. The experiment was carried out in randomized blocks with split plots and four replications. The plots consisted of four rows of 10.5 m in length with a row spacing of 1.5 m.

Key words: sugarcane, cane fiber, nitrogen.

Resumen

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia económica para Brasil, siendo utilizada principalmente en la producción de azúcar, etanol y electricidad. La caña energética, también conocida como caña de azúcar para bioenergía, es una variedad específica de caña de azúcar que tiene un alto contenido de biomasa y puede ser utilizada como fuente de energía renovable, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación de la matriz energética.

En esta circunstancia, el uso adecuado de la fertilización nitrogenada en la producción de caña energética puede ser fundamental para maximizar la productividad del cultivo y, en consecuencia, mejorar la rentabilidad de productores y la competitividad del sector sucroenergético brasileño. El estudio se llevó a cabo en el campo, en la Usina Granelli, en Ipeúna-SP, en un suelo Argisol con textura arenosa. Los principales tratamientos consistían en tres variedades de caña de azúcar que recibieron cuatro dosis de nitrógeno en forma de urea y nitrato de amonio. Para evaluar la respuesta de las variedades a la fertilización nitrogenada, se midió la producción de materia seca acumulada, la tasa de producción de materia seca y la tasa de crecimiento relativa en relación con los niveles de nitrógeno. Otros parámetros evaluados incluyeron contenido de fibra, azúcares recuperables totales, Brix y pol. El experimento se llevó a cabo en bloques al azar con parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. las parcelas consistieron en 4 hileras de 10,5 m de largo con 1,5 m de espacio entre hileras.

Palabras-Clave: caña de azúcar, caña energética, nitrógeno.

INTRODUÇÃO

A intensificação do consumo energético mundial - sobretudo a partir da revolução industrial, quando se iniciaram os avanços tecnológicos da indústria, do comércio, e da agricultura - revela a urgência em se ampliar a capacidade de produção e eficiência energética dos sistemas produtivos para atender a alta demanda.

No período compreendido entre 2018 e 2019, a utilização de energia elétrica nos 10 maiores países do mundo aumentou 4,4%, conforme dados do U.S. Energy Administration (EIA). No Brasil, especificamente, durante o período de 2020 e 2021 o consumo foi elevado em 22,9%, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) da EPE. Já em relação aos combustíveis, no período de 2000 a 2022, as vendas de gasolina cresceram 87% e de diesel 81%, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP, 2023).

Embora haja predomínio da utilização de matrizes energéticas de origem fóssil, como carvão mineral, gás natural e petróleo, a demanda por matrizes de fonte vegetal, isto é, que se regeneram mais rápido e emitem menos gases de efeito estufa, tem ganhado cada vez mais destaque no setor energético para obtenção de biorrefinaria verde e sustentável.

No Brasil, as fontes renováveis presentes na matriz energética são: biomassa de cana, hidráulica, solar, eólica, carvão vegetal, entre outras. A biomassa de cana-de-açúcar é a principal matéria-prima utilizada para a produção de energia líquida, um biocombustível alternativo aos que são produzidos através de material fóssil. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), no período de 2000 a 2022, as vendas de etanol hidratado cresceram 238% no país. Além disso, essa biomassa é utilizada na produção de energia elétrica por meio da cogeração do bagaço e uso racional de água, embora seja quantitativamente menor em comparação a outros tipos de matéria-prima. Por conseguinte, crescem as pesquisas que objetivam o aumento do teor e qualidade energética da cana-de-açúcar.

A cana-energia ou cana fibra, por exemplo, é uma planta convencional selecionada pelo melhoramento vegetal, a qual é eficiente energeticamente, seja para aplicação na fabricação de biocombustível, bioquímicos ou geração de energia renovável. É classificada em duas variedades principais, a tipo I, que apresenta em torno de 13% de açúcar e 17% de fibras, e a tipo II que possui cerca de 30% de fibra e 6% de açúcar. Já a cana convencional contém 12% de fibras e 13% de açúcar (Oliveira, 2022). Por possuir fácil adaptabilidade a solos com baixa fertilidade e maior

resistência, sendo possível realizar dez cortes em uma mesma lavoura, além de alto teor de fibra, o interesse nessas variedades tem aumentado, sendo necessário maior aprofundamento sobre as características de desenvolvimento e potencial energético delas.

O bom desenvolvimento da planta depende de diversos fatores, em especial da disponibilidade de nutrientes no solo, o que possibilita que a cultura tenha uma formação adequada. Em casos em que há ausência destes, é necessário a adição, por meio de insumos químicos. O nitrogênio, por exemplo, é um nutriente imprescindível na cultura da cana-de-açúcar, posto que exerce um papel estrutural fundamental no metabolismo da planta, compondo inúmeras moléculas essenciais.

Diante disto, este trabalho teve como objetivo analisar a resposta das variedades de cana energia tipo 1 e tipo 2 à adubação nitrogenada, comparando-as com o rendimento da cana convencional, e avaliando o acúmulo de matéria seca.

REVISÃO DE LITERATURA

Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea monocotiledônea semi-perene pertencente ao gênero *Saccharum*, família da Poáceas. Embora haja várias suposições em relação ao seu local de origem, há um consenso entre os pesquisadores de que tenha sido entre o sudeste asiático e o norte da Oceania (Silva, 2024; Marin, 2014). A planta possui dois ciclos, o primeiro é denominado cana-planta, onde ainda não foi realizado o primeiro corte, o qual ocorrerá em torno de 12 a 18 meses após plantio, dependendo do cultivar. O segundo é chamado cana-soca, neste, o período de corte será exatamente 12 meses após o primeiro, ainda que a área cultivada revele talhões de diferentes variedades genéticas (Gasqui, 2018). A qualidade da cana-de-açúcar é determinada por alguns parâmetros tecnológicos, são eles: i) POL (teor de sacarose presente na cana): é definido por meio da multiplicação da produtividade de colmos pelo percentual de POL da cana, caracterizado pela massa de sacarose existente em uma solução; BRIX: equivale a porcentagem de sólidos solúveis presentes em uma solução de sacarose; ii) ATR: é a quantidade de açúcares, monossacarídeos, glicose e frutose que não foram transformados em sacarose (União dos Produtores de Bionergia - UDOP, 2016; Gasqui, 2018).

As cultivares conhecidas atualmente são, em sua maioria, híbridos obtidos por cruzamentos, mesclando características favoráveis das diversas espécies (Coelho, 2015).

Cultivada em regiões tropicais e subtropicais, a planta foi incorporada no solo brasileiro no período colonial, e como consequência da excelente adaptação ao clima e ao potencial produtivo, se expandiu pelo país se tornando uma das principais culturas da economia, principalmente no Estado de São Paulo (Raveli, 2013). De acordo com Silva (2024), a cana-de-açúcar cultivada no país é um híbrido das espécies *Saccharum officinarum*; *Saccharum barberi*; *Saccharum robustum*; *Saccharum spontaneum*; *Saccharum sinensis*; *Saccharum edule*.

Nacionalmente, a planta é utilizada na agroindústria para produção de açúcar, álcool e etanol de segunda geração, sendo o Brasil um dos países líderes na produção de biocombustíveis a base de cana-de-açúcar. Para mais, os subprodutos e resíduos são empregados na cogeração de energia elétrica, fabricação de ração animal e fertilizante para lavouras (Silva, 2024; EMBRAPA, 2022).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2022), o Brasil é o maior produtor em contexto mundial, compreendendo mais de sete milhões de hectares plantados e produzindo mais de 480 milhões de toneladas de cana, o colocando em liderança no que diz respeito a tecnologia de produção de etanol. Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), na safra 2021/22, a produção totalizou 585,2 milhões de toneladas, a área colhida alcançou 8.317 mil hectares, e a produtividade média ficou em 70.357 kg/ha. Para o ciclo 2022/2023 a previsão de produção é de 598,3 milhões de toneladas e produtividade de 72.026 kg/ha, 3,9% superior à obtida na temporada 2021/22.

Para certificar a rentabilidade ao setor sucroalcooleiro é fundamental obter alta produtividade e qualidade da cana-de-açúcar. O melhoramento genético é um dos principais fatores agronômicos que podem contribuir com a amplificação da produtividade, podendo desenvolver variedades que se adaptam melhor às condições adversas de solo e clima. (Matsuoka, 2014).

Conforme Rosseto (2022), para que o Brasil se mantenha em destaque mundial no mercado de biocombustíveis, é importante o desenvolvimento de pesquisas no setor sucroalcooleiro, principalmente nas seguintes áreas:

- Produção agrícola: objetivando o aumento de produtividade da cana-de-açúcar, através de melhoramento genético, manejo, tratos culturais e desenvolvimento de máquinas.
- Produção industrial: enfatizando a melhoria na gestão empresarial das usinas e a eficiência da produção de açúcar e etanol, com equipamentos mais eficazes nos processos de fabricação.

- Desenvolvimento de novos produtos: produção de matéria-prima para indústrias do setor de álcoolquímica, energia e alimentícia.

Cana-energia

O melhoramento genético da cana-de-açúcar foi por um longo período direcionado essencialmente ao aumento do teor de sacarose, com o intuito de reduzir as emissões de gases do efeito estufa. Entretanto, o setor de biocombustíveis e bioenergia vêm explorando gradativamente o desenvolvimento de híbridos ricos em biomassa lignocelulósica e com potencial produtivo de etanol e energia (Oliveira, 2022).

Novos estudos estão direcionando o melhoramento para a acumulação de fibra - material composto de 32 a 48% de celulose, 19 a 24% de hemicelulose, 23 a 32% de lignina e uma pequena quantidade de cinzas e extrativos - tendo em vista que, ao se priorizar esse tipo de produção, as plantas se tornam mais rústicas, menos exigentes em relação ao solo, clima, água e nutrientes. Além disso, são mais resistentes a pragas e doenças, resultando em maior eficiência energética no seu cultivo, isto é, maior unidade de energia produzida por energia gasta (Matsuoka *et al.*, 2012; Ramos, 2015). Dito isto, genótipos denominados de cana-energia oriundos em sua maioria da espécie *Saccharum spontaneum* L. têm ganhado destaque nas pesquisas (Oliveira, 2022).

De maneira oposta à cana de açúcar convencional, a cana energia é composta de alta fibra e menor produção de sacarose (Mariano, 2019). Para mais, de acordo com Okuno (2016) ela possui menor espessura, maior taxa de crescimento, maior resistência à seca e maior número de cortes das soqueiras, tendo em vista que a cana-de-açúcar suporta cerca de 5-8 cortes entre os períodos de renovação da planta até o fim da vida útil. Já a cana-energia atinge até 15 cortes, com longevidade muito superior, vale ressaltar que esta é uma característica comercial considerável (Okuno, 2016; Andrade, 2021). De acordo com Valadão (2019) e Mariano (2019), a cana-energia pode ser classificada em duas categorias:

- Tipo I: apresenta médio nível de açúcar, acima de 13% de sacarose e alto teor de fibra, entre 14 e 18%. Essa variedade tem melhor aplicabilidade na indústria de etanol, já que ela pode aumentar a produtividade de açúcar por hectare, consequentemente, contribui na redução dos custos de produção.
- Tipo II: expressa baixo nível de açúcar, (sacarose menor que 6%) e elevado nível de fibra, podendo ser acima de 28%. Essa variedade, deve ser utilizada nas indústrias que

fazem uso da biomassa na produção de etanol e bioquímicos de segunda geração, biogás e biometano, eletricidade e siderurgia, por exemplo.

Bioeletricidade

A cana-de-açúcar é uma cultura muito eficaz na conversão de energia química (Ramos, 2015). Aproximadamente 15% do peso de cada colmo adulto é composto por palha, folhas e ponteiros e 40% desse resíduo não é usado na cogeração de energia. Os resíduos que ficam no campo após a colheita podem ser conduzidos para a combustão e conversão de energia elétrica ou na conversão em bioetanol, por meio da tecnologia de digestão da celulose ou bioóleo via pirólise da biomassa (Carvalho-Netto *et al*, 2014).

De acordo com um levantamento realizado pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), por meio de dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, 4% da energia elétrica produzida no Brasil para a rede em 2021 foi gerada pela bioeletricidade. O setor sucroenergético representa 79,5% deste total, tendo sido gerado 20,2 mil Gwh. (UNICA, 2021).

Neste mesmo ano, apenas 60% das 369 usinas de açúcar e etanol em atuação no país ofertaram o excedente em energia elétrica. Caso todas as usinas produzissem energia, o total ofertado à rede elétrica poderia alcançar 151 mil Gwh, cerca de 26% do consumo energético anual do país, de acordo com os cálculos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022).

No ano de 2022, a fonte biomassa apresentou 16.771 MW em potência, com 615 centrais geradoras, representando 9% da matriz elétrica brasileira (186.871 MW). A potência da biomassa sólida da cana-de-açúcar apresentou 12.060 MW (72% da fonte biomassa em geral), com 415 centrais geradoras, enquanto o biogás agroindustrial tem potencial energético de 31,9 MW com apenas quatro centrais geradoras (ANEEL, 2022).

De acordo com um levantamento realizado pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), por meio de dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, 4% da energia elétrica produzida no Brasil para a rede em 2021 foi gerada pela bioeletricidade. O setor sucroenergético representa 79,5% deste total, tendo sido gerado 20,2 mil Gwh (UNICA, 2021).

Neste mesmo ano, apenas 60% das 369 usinas de açúcar e etanol em atuação no país ofertaram o excedente em energia elétrica. Caso todas as usinas produzissem energia, o total ofertado à rede elétrica poderia alcançar 151 mil Gwh, cerca de 26% do consumo energético anual do país, de acordo com os cálculos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022).

Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um nutriente mineral muito exigido pelas plantas, porquanto possui moléculas fundamentais para a estrutura e fisiologia vegetal desde a base da vida, ou seja, na composição dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), aminoácidos, proteínas, e outras moléculas essenciais à vida, como a clorofila (Meyer *et al*, 2022). Na cultura da cana-de-açúcar, o N absorvido eleva a atividade meristemática da parte aérea, o que provoca maior perfilhamento, índice de área foliar e a conservação da mesma (Oliveira *et al*, 2018).

Conforme Silva (2014), na natureza, o nitrogênio pode ser dividido em duas categorias: não reativo e reativo. O formato não reativo, envolve a forma diatômica do nitrogênio (N_2), enquanto no formato reativo caracterizam-se todas as formas de nitrogênio ativos biologicamente, fotossinteticamente e radioativamente. Esta última classe, subdivide-se em outros dois grupos, sendo eles:

- i. Componentes inorgânicos reduzidos - amônia (NH_3), amônio (NH_4^+) - e componentes inorgânicos oxidados - óxido de nitrogênio (NO_x), ácido nítrico (HNO_3), óxido nitroso (N_2O) e nitrato (NO_3);
- ii. Componentes orgânicos: ureia, aminas, aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.

No ambiente natural, levando em consideração um ciclo simples em que há somente entrada e saída, o nitrogênio reativo só poderá ser produzido através de descargas elétricas ou por fixação biológica (processo realizado por meio de enzimas do tipo nitrogenase) (Galloway, 2003).

O N é introduzido no solo através da aplicação de fertilizantes nitrogenados, da mineralização da matéria orgânica, da fixação biológica e da água das chuvas. Sua presença é determinante para o alcance de alta produtividade (Braos, 2012). Dentre os fertilizantes nitrogenados, a ureia é o mais utilizado no Brasil (66%), seguido do nitrato de amônio (18%) e sulfato de amônio (16%), conforme Moreno (2015). Após ser incorporado ao solo, o nitrogênio fica sujeito a inúmeras transformações químicas e biológicas, como mineralização, nitrificação e imobilização, as quais ocorrem por meio de microrganismos específicos, e que são primordiais na absorção pelos vegetais.

A intensidade e frequência da população microbiana varia em conformidade com alguns fatores, como: clima, tipo e preparo do solo, manejo, composição química e a forma de aplicação dos fertilizantes. Normalmente, a maior parcela de N presente no solo se encontra na matéria

orgânica, configurado em vários tipos de moléculas, com diversos graus de recalcitrância influenciando sua degradação (Fernandes, 2014; Pillon *et al*, 2002).

Em aspecto qualitativo, a escassez de N inibe um bom desenvolvimento da cultura, posto que enzimas responsáveis pelo transporte de açúcares através das membranas não serão sintetizadas (Gasqui, 2018). Conforme Andrade (2021), os principais motivos da carência de N são: remoção pelas plantas, lixiviação, desnitrificação, volatilização superficial e erosão. Em contrapartida, é válido salientar que, assim como a ausência, o excesso deste nutriente impacta a cultura, já que neste caso o N fica acumulado no colmo diminuindo a qualidade do caldo e atrasando a maturação da planta (Miranda *et al*, 2008).

A adubação com N-fertilizante objetiva alongar os entre nós da planta, isto é, aumentar a produtividade e a eficiência de uso do nutriente, tendo em vista as perdas do N da ureia por volatilização de NH_3 e imobilização (Leite, 2011). De acordo com Oliveira *et al* (2018), a ureia é o fertilizante nitrogenado mais empregado na adubação da cana-de-açúcar, principalmente em função do seu menor custo por unidade de N em relação à outras fontes. A aplicação de ureia no solo ou palha pode gerar perdas em razão da volatilização da amônia - em torno de 40% - para tanto, é indicado enterrá-lo no solo a uma profundidade de aproximadamente 7,0 cm. Outra recomendação é a irrigação para incorporá-la ao solo ou fertilizá-lo antes de uma chuva. Caso não haja viabilidade para aplicar alguma dessas alternativas, deve-se escolher fontes amoniacais, tais como sulfato de amônio ou fontes nítricas.

Segundo Rosseto (2008), são extraídos pela parte aérea da cultura cerca de 100kg de N por 100t de colmos na cana-planta e 85kg N por 100t de colmos nas soqueiras. Para Oliveira (2022), a extração de nitrogênio nas variedades mais comuns fica em torno de 1,2 kg por tonelada de matéria natural de brotos, levando em conta que raízes e rizomas equivalem, em média, a 30% da massa da planta inteira, supõe-se absorção de 1,5 kg de N para cada tonelada de matéria natural.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em campo, no município de Ipeúna-SP (latitude 22°26' sul, longitude 47°43' oeste) em área referente à Usina Granelli, na propriedade Bacuri. A realização do experimento se iniciou em 02/10/2018, o solo da área experimental foi identificado como Argissolo de textura arenosa (227 g kg⁻¹ de argila, 30 g kg⁻¹ de silte e 743 g kg⁻¹ de areia, na camada de 20 a 40 cm de profundidade). O delineamento estatístico foi por blocos casualizados com

parcelas subdivididas em quatro repetições, cada subparcela foi constituída de 4 linhas de 10,5 m de comprimento e espaçamento entrelinhas de 1,5 m.

Os tratamentos principais foram representados por três variedades de cana: a) cana energia Tipo I (VG11-4094) ; b) cana energia Tipo II (VG 13) e c) cana-de-açúcar convencional (RB867515, testemunha), os quais receberam quatro doses de nitrogênio diferenciadas, uma para cada subparcela, aplicadas na forma de ureia na primeira soqueira, e posteriormente após segundo corte, como em nitrato de amônia, correspondendo a 0, 50, 100 e 150% da recomendação de N para a cultura da cana convencional (Boletim 100 do Instituto Agrônômico IAC). A dose de N a ser aplicada foi sorteada para cada subparcela. No centro das parcelas com doses de N foram instaladas micro parcelas (2 m x 1,5 m totalizando 3 m²) que receberam a ureia ¹⁵N. Para avaliar a resposta das variedades à adubação nitrogenada, foi determinado o rendimento agrícola (acúmulo de matéria seca), no momento da colheita foram avaliadas as plantas contidas nos trechos de seis metros nas três linhas centrais das parcelas, estas foram devidamente pesadas e após, trituradas e do material triturado foram retiradas amostras de 100 g que foram submetidas à secagem em estufas com temperatura controlada (65°C a 70°C), até atingirem peso constante, obtendo-se assim a porcentagem de matéria seca, segundo metodologia de Silva, 2009. Por meio de modelos matemáticos foram estimados: a curva de crescimento da cultura, a taxa de produção de matéria seca (TPMS) e a taxa de crescimento relativo (TCR) em função dos níveis de N. Dentre os parâmetros para fins de comparação destas variedades, também foram avaliadas teor de fibra e açúcares totais recuperáveis (ATR), Brix; e pol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos a análise variância a fim de verificarem-se as diferenças significativas entre os tratamentos e subtratamentos, aos níveis de significância de 1% e 5%. Posteriormente, as médias foram submetidas ao teste de Tukey para avaliar se as diferenças entre as médias dos tratamentos e subtratamentos foram significativas, aos níveis de significância de 1% e 5%. Na tabela 1, observa-se o resultado da análise de variância, para produtividade por hectare (TCH) em resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), podendo-se afirmar que houve diferença significativa entre as variedades de cana com intervalo de confiança de 5%.

Houve, também, diferença significativa entre os resultados das três variedades de cana: a) cana energia Tipo I (VG11-4094) ; b) cana energia Tipo II (VG 13) e c) cana-de-açúcar

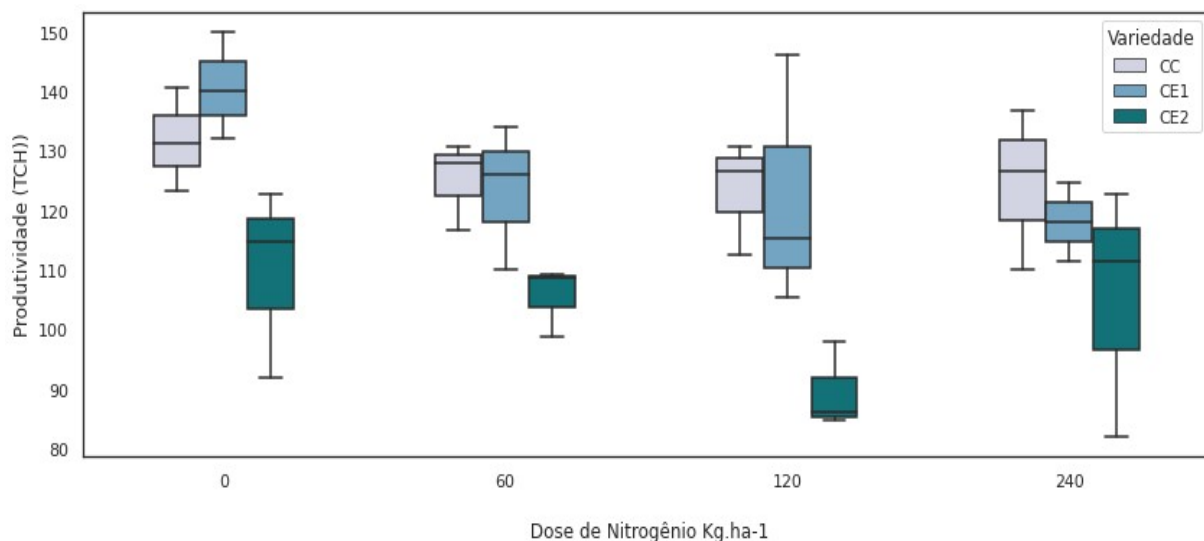
convencional (RB867515, testemunha), e as doses de Nitrogênio, correspondendo a 0, 50, 100 e 150% da recomendação de N para a cultura da cana no intervalo de confiança de 10%.

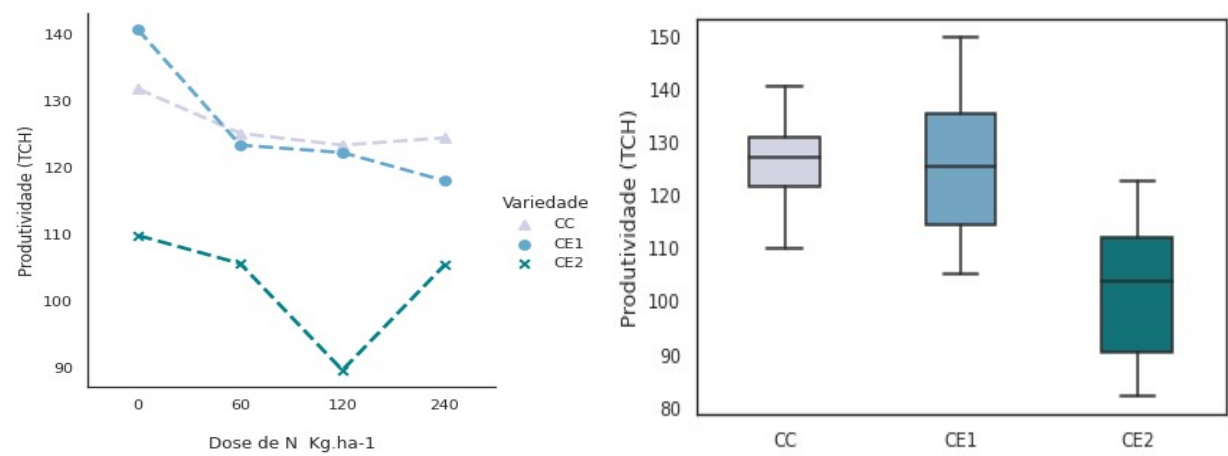
Tabela 1 – Resumo da análise de variância para variável produtividade por hectare (TCH), nas variedades de cana, submetida a diferentes doses de nitrogênio - Cana Soca

FV	GL	Média Quadrática
Variedade de Cana	2	2219.494**
Dose de N Kg.ha ⁻¹	3	396.527*
Variedade de Cana * Dose de N Kg.ha ⁻¹	6	92.712ns
Resíduos	24	159.049

*ns – não significativo. ** e * - significativo a 5% e 10% pelo teste F, respectivamente.*

Figura 1 – Gráficos de vela e de linhas mostrando os resultados para variável produtividade por hectare (TCH) em função de doses de N (kg.ha⁻¹), nas variedades de cana - Cana Soca, onde se verifica que as variedades de cana convencional (CC) e energia tipo I (CE1) apresentaram valores superiores com intervalo de confiança menor que 1%





As variedades de cana CC e CE1 apresentaram TCH significativamente superior a variedade CE2 com valor de $p < 0.001$, menor que 1% do intervalo de confiança.

Tabela 2 – Resumo do teste de Tukey analisando a TCH média para variedades de cana – Cana Soca
95% IC para diferença média

		Diferença média	Inferior	Superior	pTukey
CC	CE1	0.111	-12.746	12.969	1.000
CC	CE2	23.611	10.754	36.469	<0.001
CE1	CE2	23.500	10.642	36.358	<0.001

** $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$*

Tabela 3 - Valores médios e totais da produção de matéria seca (MS) de cada variedade de cana – Soca

	TCH		
	CC	CE1	CE2
Média	126.167 ^a	126.056 ^a	102.556 ^b
Desvio Padrão	9.212	14.615	14.397
Coeficiente de variação	0.073	0.116	0.140
Soma	1.514.000	1.512.667	1.230.667

^a Significativo e ^b Não significativo *Coeficiente de variação

A tabela 3, mostra que a dosagem de Nitrogênio na produtividade por hectare (TCH), as variedades CC e CE1 sem adição de N kg.ha⁻¹, apresentaram valores significativamente maiores em produtividade (Figura 2).

Figura 2 – Gráfico de barras mostrando os resultados para variável produtividade por hectare (TCH) com dose de N de 0,0 kg.ha⁻¹, nas variedades de cana - Cana Soca, onde se verifica que as variedades de cana convencional (CC) e energia tipo I (CE1) apresentaram valores significativamente superiores a variedade de cana energia CE2

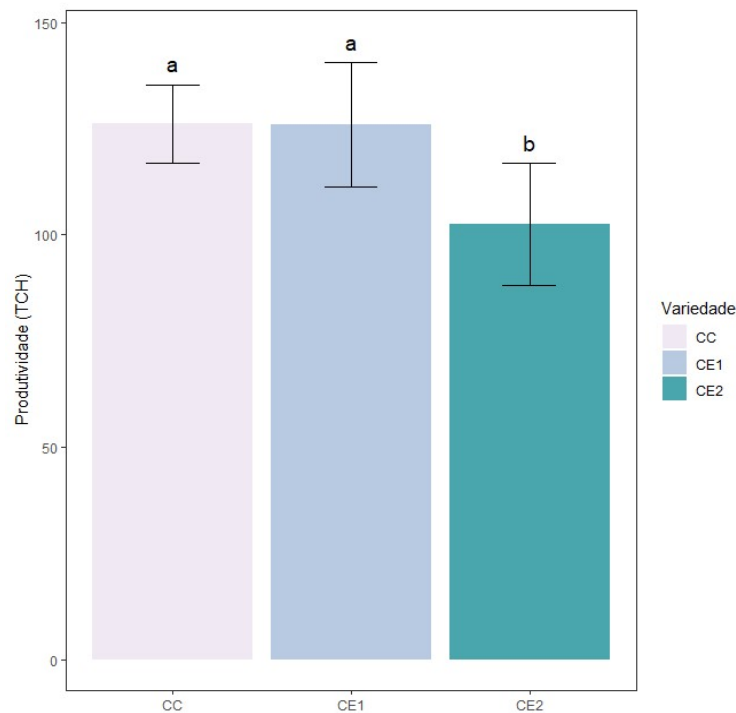
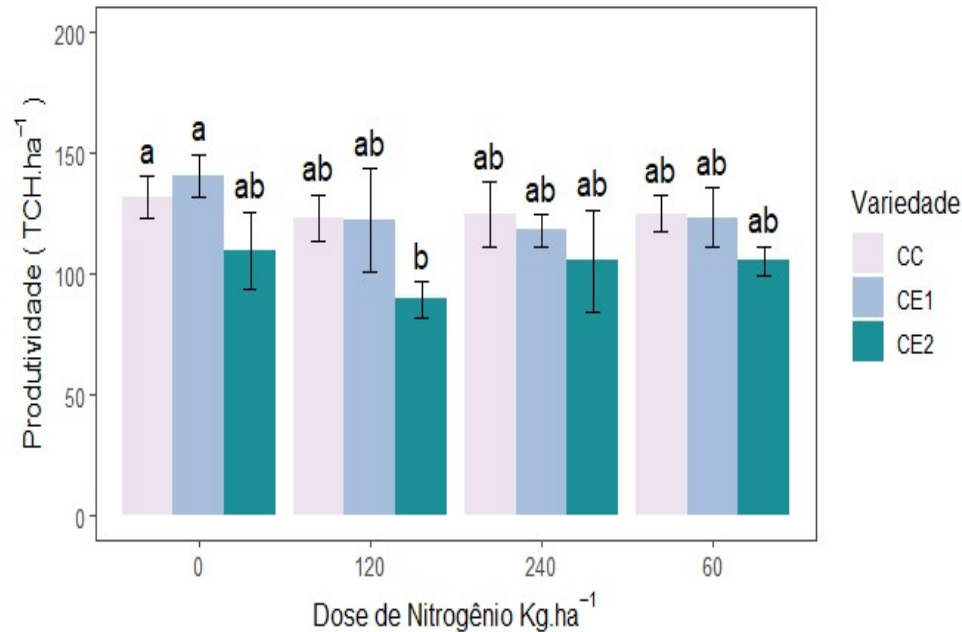


Tabela 4 – Resumo do teste de Tukey analisando a variável variedade de cana em relação e dosagem de N Kg ha⁻¹ significativa, valores médios e somatória da produtividade (TCH) de cada variedade sobre as dosagem de N Kg.ha⁻¹ – Cana Soca

Dose de N Kg ha ⁻¹	Variedade de Cana	Média	Soma	Tukey
0	CC	131.8	395	a
	CE1	140.7	422	a
	CE2	109.8	329	ab
60	CC	125.1	375	ab
	CE1	123.3	370	ab
	CE2	105.6	317	ab
120	CC	123.3	370	ab
	CE1	122.2	367	ab
	CE2	89.6	269	b
240	CC	124.4	373	ab
	CE1	118.0	354	ab
	CE2	105.3	316	ab

^a Significativo ^b e ^{ab} Não significativo

Figura 3 – Gráfico de barras mostrando o resumo dos resultados para variável produtividade por hectare (TCH) em função de todas as doses de N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), nas variedades de cana CC, CE1 e CE2 - Cana Soca, onde se verifica que as variedades de cana convencional (CC) e energia tipo I (CE1) apresentaram valores significativamente superiores a variedade de cana energia CE2 apenas na dose $0,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N



Resumindo, o tratamento doses de Nitrogênio sobre a produtividade por hectare (TCH), mostrou que as variedades CC e CE1, no tratamento controle - sem adição de $\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ - obtiveram maior produtividade (Figura 3), como também deixou evidente que nos demais tratamentos (doses correspondendo a 0, 50, 100 e 150% da recomendação de N para a cultura da cana), não houve diferença estatisticamente significativa, nem a 1%, nem a 5%. Na tabela 5, observa-se o resumo da análise de variância da variável Fibra em resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), e pode-se afirmar que houve uma diferença significativa nos resultados para variedade de cana e para dose de Nitrogênio, como também para a interação variedade x dosagem kg ha^{-1} , com intervalo de confiança a 1%.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para variável Fibra, nas variedades de cana, submetida a diferentes doses de nitrogênio - Cana Soca

FV	GL	Média Quadrática
Variedade de Cana	2	124.365**
Dose de N $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	3	23.938**
Variedade de Cana * Dose de N $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	6	10.686**
Resíduos	24	1.988

*ns – não significativo. ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.*

Figura 4 – Gráficos de vela e de linhas mostrando os resultados para variável FIBRA em função de doses de N (kg.ha⁻¹), nas variedades de cana - Cana Soca, onde se verifica que a variedade de cana energia (CE2) apresentou valores superiores com intervalo de confiança a 1%

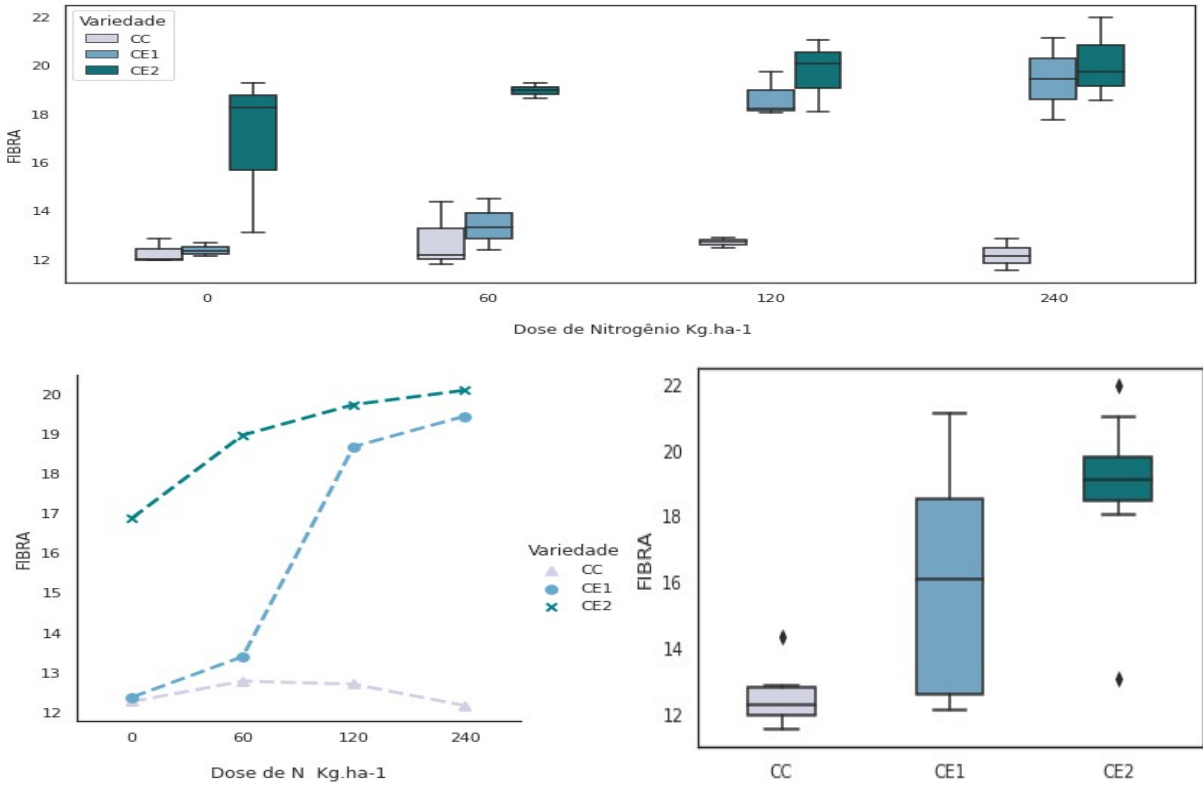


Tabela 6 – Resumo do teste de Tukey analisando a variável variedade de cana – Cana Soca

		95% IC para diferença média			
		Diferença média	Inferior	Superior	
CC	CE1	-3.489	-4.927	-2.051	<0.001***
	CE2	-6.431	-7.868	-4,993	<0.001***
CE1	CE2	-2.942	-4.379	-1.504	<0.001**

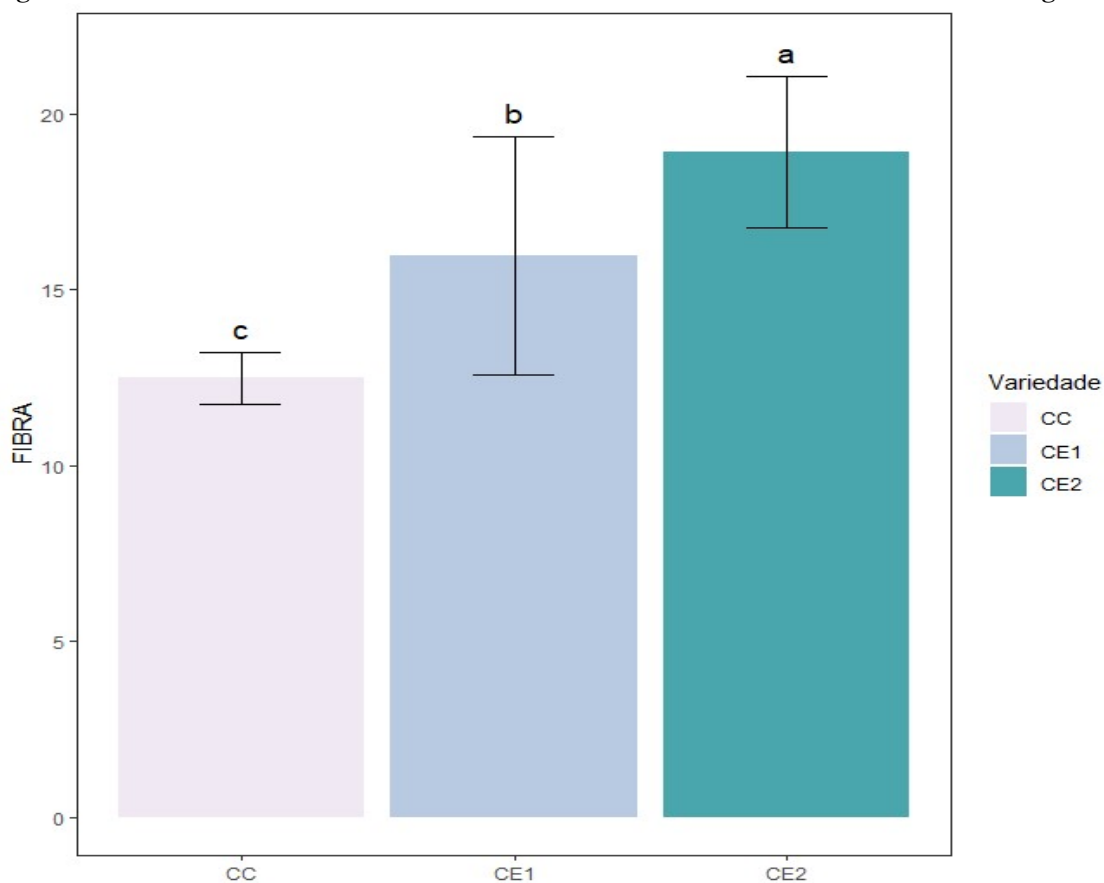
p_{Tukey}

*** p < .00

Tabela 7 - Média do Fibras de cada variedade de cana - Soca

	FIBRA		
	CC	CE1	CE2
Média	12.477 ^c	15.966 ^b	18.907 ^a
Desvio Padrão	0.748	3.387	2.160
Coeficiente de variação	0.060	0.212	0.114
Soma	149.720	191.587	226.889

Figura 5 – Gráfico de barras mostrando os resultados para variável FIBRA, onde se verifica que as variedades de cana convencional (CC) e energia tipo I (CE1) apresentaram valores significativamente inferiores a variedade de cana energia CE2, ainda a variedade de cana convencional (CC) apresentou valor significativamente inferior à variedade de cana energia CE1



A variedade de cana CE2 foi significativamente superior às demais com valor de $p < 0.001$, menor que 1% do intervalo de confiança (Figura 5).

		95% IC para diferença média						
Diferença média		Inferior	Superior	EP	t	p _{Tukey}		
0	60	-1.207	-3.041	0.626	0.665	-1.817	0.290	
	120	-3.195	-5.028	-1.361	0.665	-4.806	< .001 ***	
	240	-3.391	-5.225	-1.557	0.665	-5.101	< .001 ***	
60	120	-1.987	-3.821	-0.153	0.665	-2.990	0.030 *	
	240	-2.184	-4.017	-0.350	0.665	-3.285	0.015 *	
120	240	-0.196	-2.030	1.637	0.665	-0.295	0.991	

* p < .05, *** p < .001

Figura 6 – Gráfico de velas mostrando o efeito de doses de N (kg.ha⁻¹) sobre o teor de FIBRA, nas variedades de cana CC, CE1 e CE2 - Cana Soca, onde se verifica que as doses 120 e 240 kg de N.ha⁻¹ apresentaram valores de FIBRA estatisticamente semelhantes e superiores às doses 0 e 60 kg de N.ha⁻¹ que foram semelhantes entre si, a 1% do intervalo de confiança

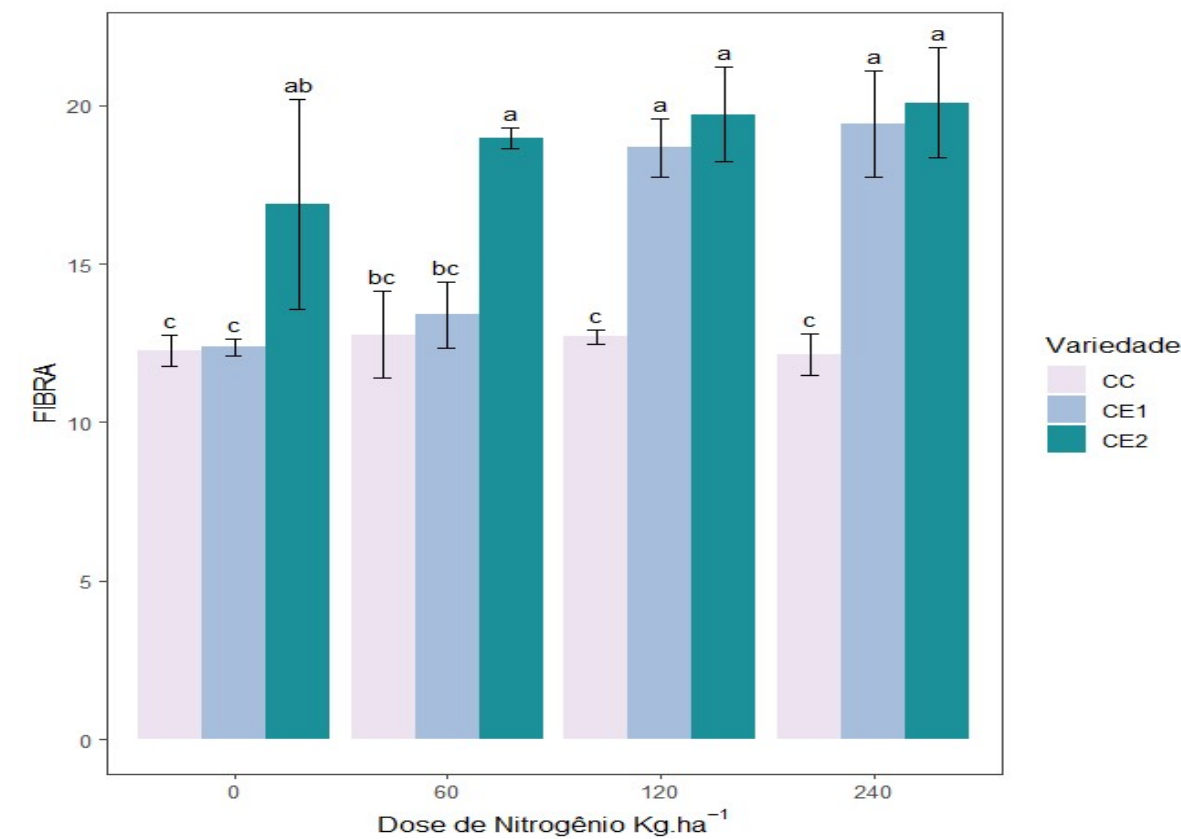
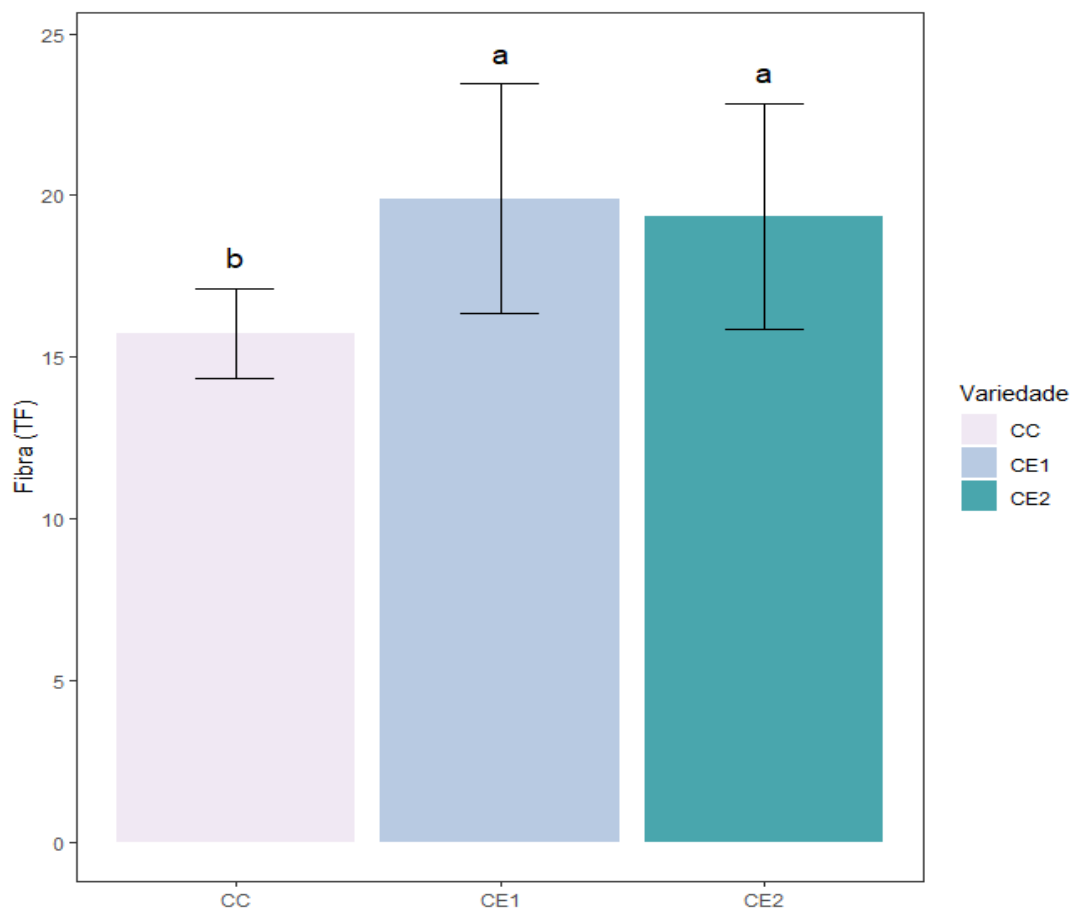


Tabela 9 – Resumo dos valores médios e somatória do Fibras de cada variedade sobre as dosagens de N Kg.ha⁻¹ – Cana Soca

Dose de N Kg ha⁻¹	Variedade de Cana	Média	Soma	Tukey
0	CC	12.3	36.8	c
	CE1	13.4	37.1	c
	CE2	16.9	50.6	ab
60	CC	12.8	38.3	bc
	CE1	14.4	40.2	bc
	CE2	19.0	56.9	a
120	CC	12.7	38.1	c
	CE1	18.7	56.0	a
	CE2	19.7	59.2	a
240	CC	12.2	36.5	c
	CE1	19.4	58.3	a
	CE2	20.1	60.2	a

Figura 7 – Resumo dos valores médios de FIBRA de cada variedade sobre as dosagem de N Kg.ha⁻¹ – Cana Soca



Em resposta a dosagem de Nitrogênio na Fibra, pode-se afirmar que a variedade CE2 nas dosagens 60,120, 240 kg.ha⁻¹ e a CE1 nas dosagens de N 120, 240 kg.ha⁻¹ obtiveram maior valor de fibra em relação a CC (Figura 7).

A tabela 10, mostra o resumo da análise de variância, do POL em resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), e pode-se afirmar que houve uma diferença significativa na variedade de cana com intervalo de confiança a 1% e na dose de Nitrogênio no intervalo de confiança a 5%.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para variável produtividade por hectare (TCH), nas variedades de cana, submetida a diferentes doses de nitrogênio - Cana Soca

FV	GL	Média Quadrática
Variedade de Cana	2	20.798**
Dose de N Kg.ha ⁻¹	3	9.371*
Variedade de Cana * Dose de N Kg.ha ⁻¹	6	4.630 _{ns}
Resíduos	24	2.521

*ns – não significativo. ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.*

Fonte: Autores.

Figura 8 – Gráficos de vela e de linhas mostrando os resultados para variável POL em resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), e pode-se afirmar que houve uma diferença significativa na variedade de cana com intervalo de confiança a 1% e na dose de Nitrogênio no intervalo de confiança a 5%

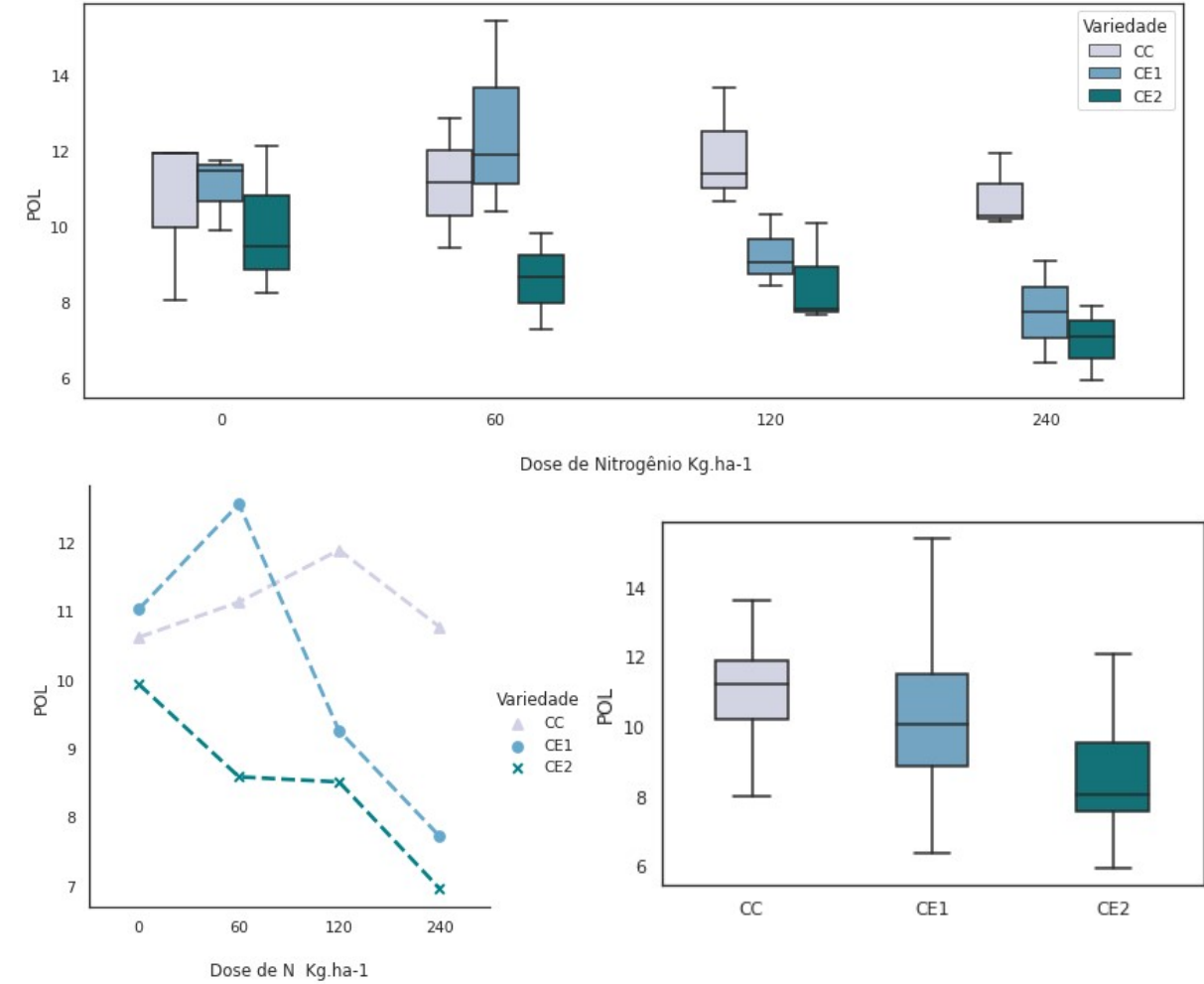


Tabela 11 – Resumo do teste de Tukey analisando a variável variedade de cana – Cana Soca

		95% IC para diferença média		p _{Tukey}
		Inferior	Superior	
CC	CE1	0.961	-0.658 2.579	0.001***
	CE2	2.603	0.985 4.222	
CE1	CE2	1.643	0.024 3.262	0.046**

		95% IC para diferença média		p _{Tukey}
		Inferior	Superior	

*p < 0.1, ** p < .05, *** p < .01

Fonte: Autores.

Os valores de POL da variedade de cana CC foi significativamente superior a CE2 com valor de p < 0.001, menor que 1% do intervalo de confiança e o POL de CE1 foi significativamente superior a CE2 com 5% no intervalo de confiança.

Tabela 12 - Valores médios e totais do POL de cada variedade de cana – Soca			
	POL		
	CC	CE1	CE2
Média	11.107 ^a	10.146 ^a	8.504 ^b
Desvio Padrão	1.527	2.348	1.654
Coeficiente de variação	0.138	0.231	0.194
Total	133.285	121.757	102.044
^a Significativo e ^b Não significativo			

Figura 9 – Gráfico de velas mostrando os valores de POL nas variedades de cana CC, CE1 e CE2 - Cana Soca, onde se verifica que a variedade de cana CC foi significativamente superior a CE2 com valor de p <0.001, menor que 1% do intervalo de confiança e o POL de CE1 foi significativamente superior a CE2 com 5% no intervalo de confiança

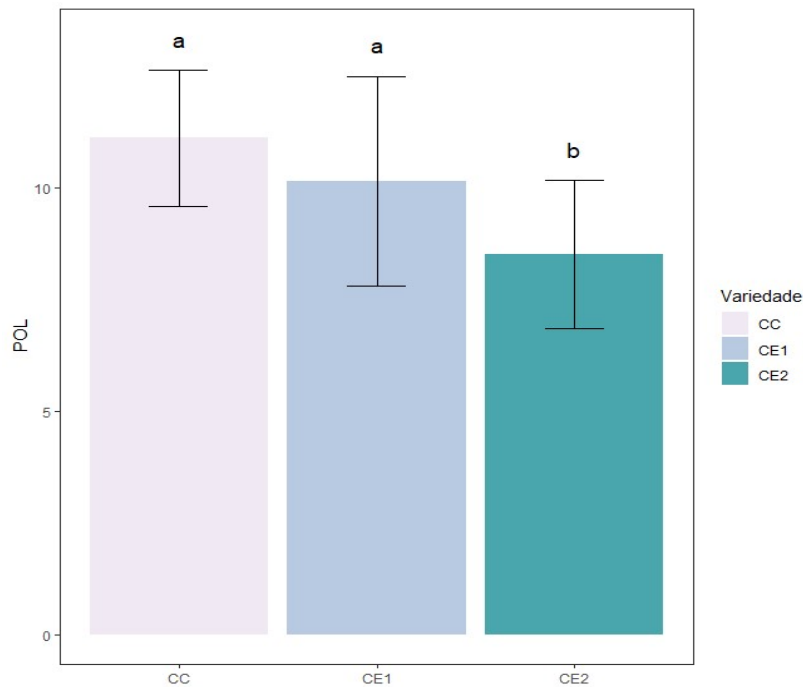


Tabela 13 - Resumo do teste Tukey para diferença das médias na dosagem de N. Cana Soca					
95% IC para diferença média					
		Diferença média	Inferior	Superior	P _{Tukey}
0	60	-0.231	-2.296	1.834	0.990
	120	0.642	-1.423	2.706	0.826
95% IC para diferença média					
		Diferença média	Inferior	Superior	P _{Tukey}
60	240	2.039	-0.025	4.104	0.054
	120	0.873	-1.192	2.938	0.653
	240	2.270	0.206	4.335	0.027 *
120	240	1.398	-0.667	3.462	0.268

*p < .05

Pelo teste de Tukey, a dosagem de 60 kg de N.ha⁻¹ apresentou valor de Pol significativamente superior às demais doses com valor de significância menor que 5%.

Figura 10 – Gráfico de velas mostrando os valores de POL em função de doses de N (kg.ha⁻¹) das variedades de cana CC, CE1 e CE2 - Cana Soca, onde se verifica que a dose de 60 kg de N.ha⁻¹ foi significativamente superior às demais doses com valor de significância menor que 5%

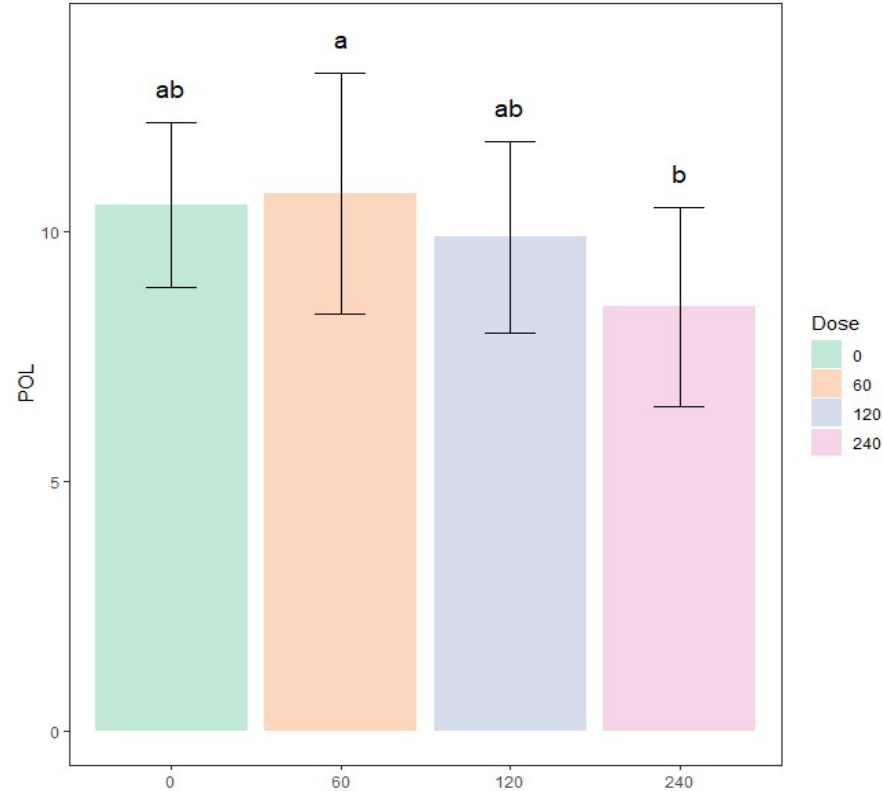


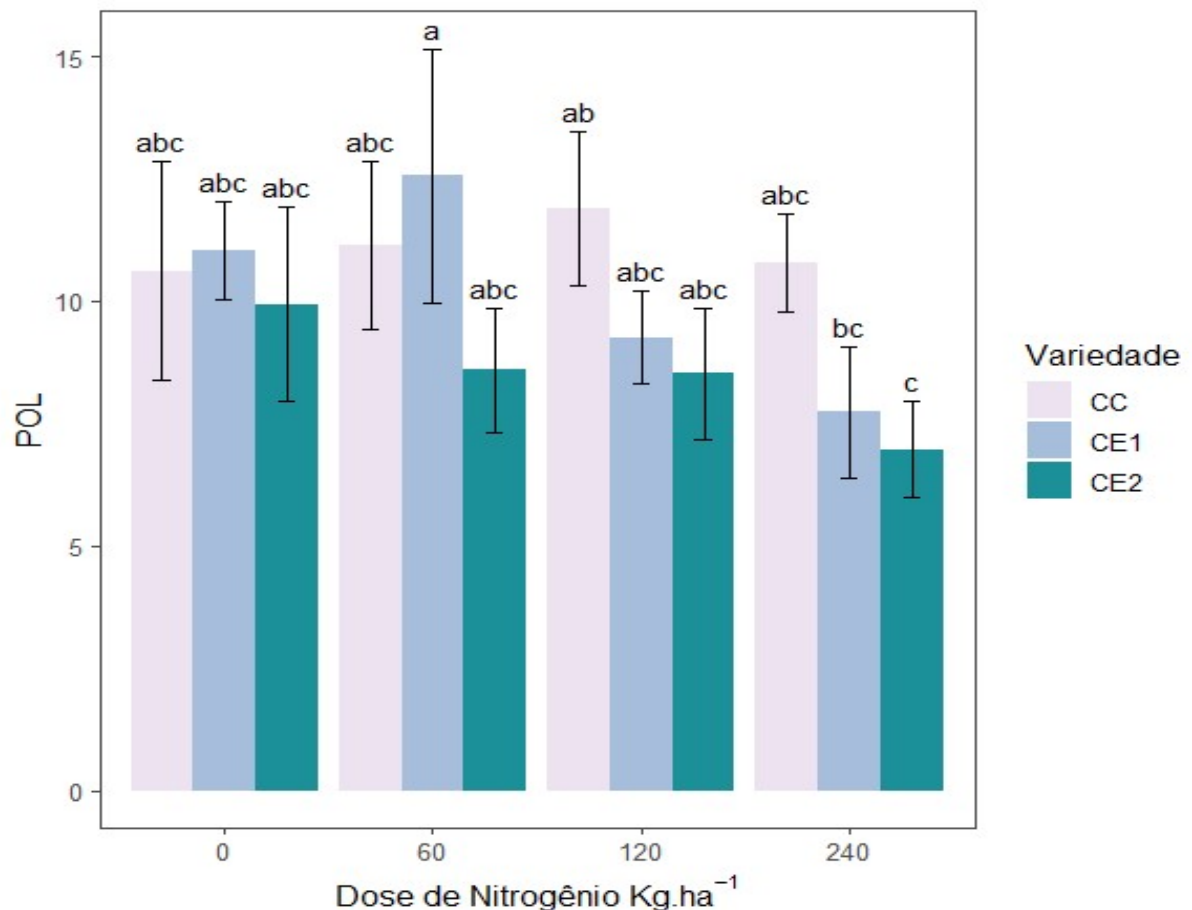
Tabela 14 – Resumo do teste de Tukey analisando a variável variedade de cana em relação e dosagem de N Kg ha⁻¹ significativa, valores médios e total de POL de cada variedade sobre as dosagem de N Kg.ha⁻¹ – Cana Soca

Dose de N Kg ha-1	Variedade de Cana	Média	Soma	Tukey
0	CC	10.62	31.9	abc
	CE1	11.03	33.1	abc
	CE2	9.94	29.8	abc
60	CC	11.14	33.4	abc
	CE1	12.56	37.7	a
	CE2	8.59	25.8	abc
120	CC	11.89	35.7	ab
	CE1	9.26	27.8	abc
	CE2	8.52	25.5	abc
240	CC	10.78	32.3	abc
	CE1	7.73	23.2	bc
	CE2	6.97	20.9	c

^a Significativo ^{ab} e ^{abc} Não significativo

Em resposta a dosagem de Nitrogênio no POL, pode afirmar que a variedade CE1 na dosagem de N 60 kg.ha⁻¹ (média de 12,56 %^a) obteve maior valor (Tabela 14 e Figura 11).

Figura 11 – Resumo dos valores médios de FIBRA de cada variedade sobre as dosagem de N Kg.ha⁻¹ – Cana Soca



Conclusões

A produtividade por hectare (TCH) em resposta a dosagem de nitrogênio apresentou diferença significativa entre as variedades de cana com intervalo de confiança de 5%. As variedades de cana CC e CE1 apresentaram TCH significativamente superior a variedade CE2 com valor menor que 1% do intervalo de confiança. Em resposta a dosagem de Nitrogênio na produtividade por hectare (TCH), as variedades CC e CE1 sem adição de N kg.ha⁻¹ obtiveram maior produtividade, nas demais doses, não houve diferença estatisticamente significativa, nem a 1%, nem a 5%. A variável Fibra em resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), apresentou diferença significativa nos resultados para variedade de cana e para dose de Nitrogênio, como também para a interação variedade x dosagem kg.ha⁻¹, com intervalo de confiança a 1%. A

variedade de cana CE2 foi significativamente superior às demais a 1% do intervalo de confiança. Em resposta a dosagem de Nitrogênio na Fibra, pode-se afirmar que a variedade CE2 nas dosagens 60, 120, 240 kg.ha⁻¹ e a CE1 nas dosagens de N 120, 240 kg.ha⁻¹ obtiveram maior valor de fibra.

Para a Pol houve resposta a dosagem de nitrogênio e variedade de cana (Cana Soca), houve diferença significativa na variedade de cana com intervalo de confiança a 1% e na dose de Nitrogênio no intervalo de confiança a 5%. A variedade de cana CC foi significativamente superior a CE2 a 1% do intervalo de confiança e o POL de CE1 foi significativamente superior a CE2 com 5% no intervalo de confiança. Pelo teste de Tukey, a dosagem de 60 kg de N.ha⁻¹ apresentou valor de POL significativamente superior às demais doses com significância menor que 5%. Em resposta a dosagem de Nitrogênio no POL, pode afirmar que a variedade CE1, dose de N 60 kg.ha⁻¹ obteve maior valor.

Agradecimentos

A Usina Granelli na pessoa, Sr. José Granelli, e no acordo de cooperação técnica entre a Embrapa Agricultura Digital e a Cooperativa de Plantadores de Cana (Coplacana), no âmbito da parceria no Projeto " Desenvolvimento de soluções tecnológicas com escopo na recuperação da produtividade da cana-de-açúcar".

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Caio Soares de. *Silício na mitigação dos danos causados pela deficiência moderada de ferro em cana-energia*. 2021. 40 p. Dissertação – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2021.

BRAOS, Bruno Boscov. *Extratores para nitrogênio disponível do solo*. 2012. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2012.

CARVALHO NETTO, Osmar *et al.* The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 1, n. 20, 2014.

COELHO, Mateus Costa. *Efeitos da remoção do palhço residual na ciclagem de nutrientes e no desempenho agrônômico da cana de açúcar*. 2015. 53 p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015.

COPEL. Biomassa. *Copel Pura energia*, Curitiba. 18 jan. 2016. Disponível em:

Bioenergia em revista: diálogos. Ano/vol. 15, n. 1, jan./jun. 2025. p. 8-35.

Efeito da adubação nitrogenada na qualidade e produtividade da cana energia em comparação à matéria-prima açucarada

SILVA, Fábio César da; SANTOS, Jennifer Thamara Conceição; CARVALHO; Sânda Santos de; MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade; LIENDO SILVA, Gael Silvia Penaranda; ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton

<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F24349F1A246428E1032574240049F201>. Acesso em: 21 set. 2022.

EMBRAPA. *Cana*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/cana>. Acesso em: 24 set. 2022.

EPE. *Anuário estatístico de energia elétrica*. Empresa de pesquisa energética. Disponível em: http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuariolivro/#Cap%C3%ADtulo_1:_Panorama_Mundial. Acesso em: 29 out. 2022.

EVOLUÇÃO das vendas de combustíveis líquidos. Instituto brasileiro de petróleo e gás natural, 2023. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-dosetor/snapshots/evolucao-das-vendas-de-combustiveisliquidos/#:~:text=O%20consumo%20de%20gasolina%20fechou,de%20diesel%20se%20mant%20est%C3%A1vel>. Acesso em 28 fev. 2023.

FERNANDES, Rafael Pires. *Fluxos hidrológicos e transporte de nitrogênio em plantios de cana-de-açúcar*. 2014. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GALLOWAY, James N; ABER, John D; ERISMAN, Jan Willem; SEITZINGER, Sybil P; HOWARTH, Robert W; COWLING, Ellis B; COSBY, Jack. The nitrogen cascade. *BioScience*, Washington, DC, v. 53, p. 341-356, 2003.

GASQUI, Luís Fernando Xavier. *Estabelecimento de padrões nutricionais para o ATR da cana-de-açúcar*. 2018. 51 p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2018.

LEITE, José Marcos. *Acúmulo de fitomassa e de macronutrientes da cana-de-açúcar relacionadas ao uso de fontes de nitrogênio*. 2011. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MARIANO, Jorge. Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando. *NovaCana*. Disponível em: [Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando \(novacana.com\)](http://novacana.com). Acesso em: 11 abr. 2023.

MARIN, Fábio Ricardo. *Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos*. 2014. 262. Livre Docência - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MATSUOKA, Sizuo; KENNEDY, Anthony J; SANTOS, Eder Gustavo dos; TOMAZELA, André L; RUBIO, Luis Claudio S. *Energy Cane: Its Concept, Development, Characteristics, and Prospects*. Hindawi Publishing Corporation. 13 p. Set, 2014.

MEYER, Maurício Conrado; BUENO, Adeney de Freitas; MAZARO, Sérgio Miguel; SILVA, Juliano Cesar da. *Bioinsumos na cultura da soja*. Ed 1. Brasília: Embrapa, 2022.

Bioenergia em revista: diálogos. Ano/vol. 15, n. 1, jan./jun. 2025. p. 8-35.

Efeito da adubação nitrogenada na qualidade e produtividade da cana energia em comparação à matéria-prima açucarada

SILVA, Fábio César da; SANTOS, Jennifer Thamara Conceição; CARVALHO; Sânda Santos de; MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade; LIENDO SILVA, Gael Silvia Penaranda; ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton

MORENO, Giovane. *Eficiência da adubação nitrogenada na cultura da soja*. 2015. 31 p. Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2015.

OKUNO, Fábio Makoto. *Desempenho econômico de um sistema de produção de biomassa da cana energia*. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-07062016183901/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

OLIVEIRA, Kamilla Silva. *Respostas de cana-de-açúcar e de cana-energia à aplicação de manganês com silício via radicular e foliar*. 2022. 142 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.

OLIVEIRA, Mauro Wagner de; MACÊDO, Geraldo Antônio Resende; MARTINS; Jolberto Alves; SILVA, Vinicius Santos Gomes da; OLIVEIRA, Alexandre Bosco de. *Sugarcane - Technology and Research: Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane*. Flórida, IntechOpen, 16. mai. 2018.

PILLON, Clenio Nailto; MIELNICZUK, João; NETO, Ladislau Martin. *Dinâmica da matéria orgânica*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 105. Pelotas, 2002.

RAMOS, Rachel Soares. *Seleção de cana energia*. 2015. 78 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

RAVELI, Marcelo Boamorte. *Controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar*. 2013. 66 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013.

ROSSETTO, Raffaella. Cana. *Avanço Tecnológico*. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avancotecnologico>. Acesso em: 24 set. 2022.

SILVA, Fábio Cesar. *Fenologia*. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/preproducao/caracteristicas/fenologia>. Acesso em: 11. dez. 2024.

SILVA, Robson Willians da Costa. *Processos hidrológicos e transporte de nitrogênio e carbono em bacias hidrográficas com cobertura de cana-de-açúcar*. 2014. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SILVA, Jovanderson Jackson Batista da. *Análise da variação diurna de carboidratos e metabólitos de cana-energia e cana-de-açúcar*. 2021. 118 p. Dissertação (mestrado) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, 2021.

SILVA, Fabio Cesar da. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

Bioenergia em revista: diálogos. Ano/vol. 15, n. 1, jan./jun. 2025. p. 8-35.

Efeito da adubação nitrogenada na qualidade e produtividade da cana energia em comparação à matéria-prima açucarada

SILVA, Fábio César da; SANTOS, Jennifer Thamara Conceição; CARVALHO; Sânda Santos de; MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade; LIENDO SILVA, Gael Silvia Penaranda; ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. Disponível em: UDOP - União Nacional da Bioenergia. Acesso em 14 abr. 2023.

UNICA. *Bioeletricidade conjuntura atual e perspectivas futuras*. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/bioeletricidade-conjuntura-atual-e-perspectivas-futuras/>. Acesso em: 08 de mai. 2023.

ÚNICA. *Setor sucroenergético gerou 79% da bioeletricidade ofertada a rede*. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/setor-sucroenergetico-gerou-79-da-bioeletricidade-ofertadaa-rede/>. Acesso em 25 mar. 2023.

VALADÃO, Isabella Barros. *Caracterização morfofisiológica de genótipos de cana-de-açúcar e cana-energia*. 2020. 69 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

1 SILVA, Fabio Cesar da. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (1987), graduação em Engenharia Florestal pela Universidade de São Paulo (1987), mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (1991) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (1995). Atualmente é professor pleno 1 (equivalente: adjunto) da FACULDADE DE TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO e pesquisador doutor da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Nutrição Mineral na Agricultura, atuando principalmente nos seguintes temas: cana-de-acucar, metais pesados, cana-de-açúcar, agroindústria sucroalcooleira e modelagem matemática.

2 SANTOS, Jennifer Thamara Conceição. Possui graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan” – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – CEETEPS.

3 CARVALHO, Sânda Santos de. Possui graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan” – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – CEETEPS.

4 MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manoel Carlos Gonçalves (1986), Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia pela Universidade de São Paulo (1998) e Doutorado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é Professor na Faculdade de Tecnologia de Piracicaba e Diretor Técnico da Estação Experimental Luiz de Queiroz da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. Tem experiência nas áreas de Engenharia com ênfase em projetos e estudos hidrológicos e uso racional da água e Agronomia, com ênfase em Manejo e Tratos Culturais, atuando principalmente nos seguintes temas: Cana-de-açúcar; Desempenho em épocas de plantio e colheita; Sistemas de plantio cana inteira ou picada; Soja; Desempenho em épocas de semeadura Normal e Safrinha, populações e cultivares; Análise de crescimento da soja em diversas épocas de semeadura, cultivares e populações. Sistemas Agroflorestais com ênfase na produção de cacau semi sombreado.

5 LIENDO SILVA, Gael Silvia Penaranda. Possui graduação em Engenharia Química. Pós-graduação em PROTEÇÃO RADIOLÓGICA. Universidad de Buenos Aires, UBA, Argentina. Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas.

6 ABREU JUNIOR, Cassio Hamilton. Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1989). Mestrado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo (1999) e livre-docência pela Universidade de São Paulo (2011). Atualmente é Professor Associado da Universidade de São Paulo - CENA. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fertilidade do Solo e Adubação, atuando principalmente nos seguintes temas: lodo de esgoto, composto orgânico, composto de lixo, metais pesados, nitrogênio, fósforo e composto de lixo.