

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

**CARLOS HENRIQUE DE CASTRO NOGUEIRA**

**Acúmulo de nutrientes, produção e qualidade do caldo de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas**

Rio Largo - AL

2021

**CARLOS HENRIQUE DE CASTRO NOGUEIRA**

**Acúmulo de nutrientes, produção e qualidade do caldo de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Rio Largo - AL

2021

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

N778a Nogueira, Carlos Henrique de Castro  
Acúmulo de nutrientes, produção e qualidade do caldo de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas. / Carlos Henrique de Castro Nogueira – 2021.  
56 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia: produção vegetal) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Nutrição mineral. 3. Sistema de produção.  
I. Título.

CDU: 633.61

## FOLHA DE APROVAÇÃO

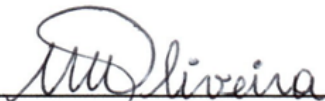
CARLOS HENRIQUE DE CASTRO NOGUEIRA

**Acúmulo de nutrientes, produção e qualidade do caldo de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas**

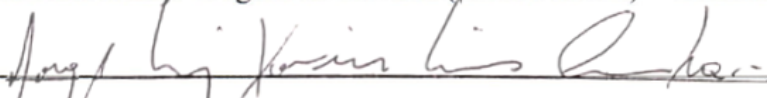
Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 10 de fevereiro de 2021.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

### Banca examinadora:



Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira (CECA/UFAL) – Orientador



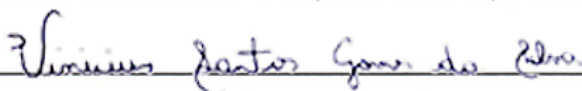
Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha (CECA/UFAL) – Examinador Interno ao programa



Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes (CECA/UFAL) – Examinador externo ao programa



Profª. Dra. Terezinha Bezerra Albino Oliveira (CECA/UFAL) – Examinador externo ao programa



Dr. Vinicius Gomes Santos da Silva – Examinador externo à Instituição

A Deus, meu amigo de todas as horas. Aos meus pais que estão comigo em todo tempo. Aos meus amigos que moram perto e aos que moram longe. À minha família. Aos meus professores. Aos amigos de profissão. A todos que acreditaram em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Usina Triunfo na pessoa do senhor Manoel que esteve conosco ao longo de todo o estudo e que cedeu o espaço e recursos para a pesquisa.

Aos colegas de laboratório Cléber, Rayane, Keite, Wesley, Caroline e Daniele que contribuíram nas análises do estudo.

Ao professor Dr. Mauro Wagner pelo convite que me fez para ser seu orientado no mestrado e que contribuiu para a minha formação como pesquisador.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação que permitiu a minha formação ao longo dos 24 meses.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal e a Universidade Federal de Alagoas pela formação proporcionada.

## RESUMO

Os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar têm disponibilizado variedades mais produtivas e com diferentes adaptações aos ambientes de produção. Algumas dessas variedades têm adaptação mais restrita, sendo exigentes em fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e solos menos argilosos. Por outro lado, outras dessas novas variedades têm adaptação mais abrangente, apresentando boas produções de colmos e de açúcares mesmo quando cultivadas em ambientes mais restritivos quanto à fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e solos de textura média a argilosa. A variedade RB92579 foi, nas últimas safras, uma das mais plantadas em Alagoas, tanto por pequenos quanto médios produtores. Dispõe-se de informações relacionadas a RB92579, entretanto, para as variedades RB961552 e RB98710 há poucos relatos na literatura quanto ao potencial produtivo e qualidade do caldo, principalmente em cortes sucessivos, uma vez que tanto a RB961552 quanto a RB98710 são variedades lançadas mais recentemente. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas o estado nutricional, a produção de colmos industrializáveis, qualidade do caldo e o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pela RB961552 e RB98710, comparativamente a RB92579, variedade padrão. O estudo foi conduzido no ambiente edafoclimático de Anadia, agreste alagoano, em latossolo amarelo distrófico, pertencente à Usina Triunfo. Antecedendo a sua implantação, foram coletadas amostras de solo e, de posse dos resultados analíticos, aplicou-se calcário e gesso para elevar a saturação por bases para 60% na camada de 0 a 20 cm e diminuir a saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm. Após a aplicação do calcário e do gesso, a área experimental foi arada e gradeada, sulcando-se, a seguir, no espaçamento de um metro. Plantaram-se as três variedades de cana-de-açúcar usando o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com cinco repetições. A adubação química aplicada no fundo do sulco de plantio foi a usualmente empregada pela usina: 500 kg por hectare de 09-14-22. As parcelas foram constituídas de sete sulcos de oito metros de comprimento. A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro de sulco, usando-se mudas de cana com oito meses de idade. Após o plantio, aplicou-se herbicida pré-emergente para o controle de plantas daninhas. Na fase de crescimento máximo da cana foram coletadas amostras de folhas para avaliação do estado nutricional. Em dezembro do ano subsequente ao plantio, realizou-se o corte da cana-de-açúcar, avaliando-se a produção de colmos industrializáveis e a qualidade do caldo. Após a colheita da cana-planta, realizou-se a adubação da primeira rebrota, aplicando-se dose equivalente a 500 kg do adubo 20-05-20 por hectare, com distribuição manual do fertilizante. Em dezembro do ano subsequente do corte da cana-planta, realizou-se o corte da primeira rebrota, avaliando-se novamente a produção de colmos industrializáveis e a qualidade do caldo. Após o corte da primeira rebrota adubou-se a segunda rebrota com 500 kg do adubo 20-05-20 por hectare. Após o corte da segunda rebrota adubou-se a terceira rebrota com 500 kg do adubo 20-05-20 por hectare. Tanto na cana da primeira rebrota quanto na de segunda e terceira rebrotas foram adotados os mesmos procedimentos utilizados na cana-planta, para avaliação de colmos industrializáveis e a qualidade do caldo. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade. Em todos os ciclos houve diferença entre as variedades quanto aos teores de nutrientes no limbo foliar, mas nenhuma das três variedades destacou-se generalizadamente para todos os nutrientes. Apenas para o cálcio, magnésio, boro, ferro e zinco constataram-se teores foliares adequados para todas as variedades, em todos os quatro ciclos. Ocorreu deficiência nutricional generalizada para os teores de cobre e em nenhum ciclo ou variedade, os teores atingiram 6,0 mg por kg de matéria seca de limbo foliar, teor mínimo de suficiência. Para o manganês as plantas apresentaram teores suficientes apenas na segunda rebrota. Para os ciclos os teores foliares de manganês estiverem bem abaixo do limite mínimo de suficiência: 25 mg por kg de matéria seca de limbo foliar. Constatou-se efeito de variedade

e de ciclos sobre a produção de colmos industrializáveis, ocorrendo decréscimo de produtividade ao longo do estudo. A quantidade total de colmos industrializáveis produzidos pelo RB92579, nos quatro ciclos, foi de 374 t por hectare. Comparativamente à RB92579, a produção de colmos da RB961552 e da RB98710 foi de 93,6 e 86,6%, respectivamente. Verificaram-se efeito de variedade para a produção de açúcares recuperáveis, sólidos solúveis, sacarose aparente nos colmos e fibra, entretanto o percentual de pureza do caldo não foi influenciado por variedade. Houve efeito de ciclo para TCH, ATR por t de colmos, ATR por hectare, sacarose aparente nos colmos, pureza do caldo e porcentagem de fibra nos colmos. O total de açúcares recuperáveis produzidos pelo RB92579, nos quatro ciclos, foi de 52,58 t por hectare, mas a produção de açúcares recuperáveis da RB961552 e a RB98710 foi de 87% da RB92579. Nos quatro ciclos, a remoção de nutrientes pela cana foi muito grande, atingindo valores médios de aproximadamente 400 kg de nitrogênio, 65 kg de fósforo e 800 kg de potássio por hectare.

**Palavras-chave:** eficiência nutricional, sistema de produção, nutrição mineral, *Saccharum spp.*



## ABSTRACT

Sugarcane breeding programs have made available more productive varieties and with different adaptations to production environments. Some of these varieties have more restricted adaptation, being demanding in soil fertility, water availability and less clayey soils. On the other hand, other of these new varieties have a more comprehensive adaptation, showing good yields of stalks and sugars even when grown in more restrictive environments when it comes to soil fertility, water availability and medium to clayey soils. The RB92579 variety was, in the last harvests, one of the most planted in Alagoas, by both small and medium producers. Information related to RB92579 is available, however, for the varieties RB961552 and RB98710 there are few reports in the literature regarding the productive potential and quality of the juice, especially in successive cuts, since both RB961552 and RB98710 are more recently launched varieties. Thus, the objective of the present research was to evaluate in the cane-plant cycles, first, second and third regrowth the nutritional status, the production of industrialized stalks, quality of the juice and the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium by RB961552 and RB98710, comparatively to RB92579, standard variety. The study was conducted in the edaphoclimatic environment of Anadia, in the wild of Alagoas, in a dystrophic yellow latosol, belonging to the Triunfo Plant. Prior to its implantation, soil samples were collected and, in possession of the analytical results, limestone and plaster were applied to increase the base saturation to 60% in the 0 to 20 cm layer and decrease the aluminum saturation in the 20 layer. to 40 cm. After the application of limestone and plaster, the experimental area was plowed and grated, then grooved in the space of one meter. The three varieties of sugarcane were planted using a randomized block design with five replications. The chemical fertilizer applied to the bottom of the planting furrow was the one usually used by the plant: 500 kg per hectare from 09-14-22. The plots consisted of seven eight-meter-long ridges. The planting density was 18 buds per meter of furrow, using eight-month-old cane seedlings. After planting, pre-emergent herbicide was applied for weed control. In the phase of maximum sugarcane growth, leaf samples were collected to assess the nutritional status. In December of the year following planting, sugarcane was cut, evaluating the production of industrialized stalks and the quality of the juice. After the harvest of the cane-plant, the first regrowth was fertilized, applying a dose equivalent to 500 kg of the fertilizer 20-05-20 per hectare, with manual distribution of the fertilizer. In December of the subsequent year of the cut of the cane-plant, the first regrowth was cut, again evaluating the production of industrialized stalks and the quality of the juice. After the first regrowth was cut, the second regrowth was fertilized with 500 kg of fertilizer 20-05-20 per hectare. After cutting the second sprout, the third sprout was fertilized with 500 kg of fertilizer 20-05-20 per hectare. Both in the cane of the first regrowth and in the second and third regrowth, the same procedures used in the cane plant were adopted, for the evaluation of industrialized culms and the quality of the juice. The data obtained were subjected to analysis of variance and the means compared by the Scott-Knot test at 5% probability. In all cycles there was a difference between the varieties regarding the levels of nutrients in the leaf blade, but none of the three varieties stood out in general for all nutrients. Only for calcium, magnesium, boron, iron and zinc were found leaf levels suitable for all varieties, in all four cycles. There was a general nutritional deficiency for copper levels and in no cycle or variety, the levels reached 6.0 mg per kg of dry leaf limb material, minimum content of sufficiency. For manganese, the plants showed sufficient levels only in the second regrowth. For the cycles, the manganese leaf contents are well below the minimum sufficiency limit: 25 mg per kg of dry matter of leaf blade. There was an effect of variety and cycles on the production of industrializable culms, with a decrease in productivity throughout the study. The total amount of industrialized stalks produced by RB92579, in the four cycles, was 374 t per hectare. Compared to RB92579, the stalk production of RB961552 and RB98710 was 93.6 and

86.6%, respectively. There was a variety effect for the production of recoverable sugars, soluble solids, apparent sucrose in stalks and fiber, however the broth purity percentage was not influenced by variety. There was a cycle effect for TCH, ATR per t of stalks, ATR per hectare, apparent sucrose in stalks, broth purity and percentage of fiber in stalks. The total recoverable sugars produced by RB92579, in the four cycles, was 52.58 t per hectare, but the production of recoverable sugars by RB961552 and RB98710 was 87% of RB92579. In the four cycles, the removal of nutrients by the cane was very large, reaching average values of approximately 400 kg of nitrogen, 65 kg of phosphorus and 800 kg of potassium per hectare.

**Keyword:** nutritional efficiency, production system, mineral nutrition, *Saccharum* spp.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura molecular da Sacarose .....	19
Figura 2 –Estruturas moleculares da Glicose e Frutose .....	19
Figura 3-Localização geográfica do município de Anadia - AL, local de condução do estudo..	27
Figura 4 - Precipitação Pluviométrica do município de Anadia – AL ao longo do estudo .....	27
Figura 5 - Valores médios dos teores de Nitrogênio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	33
Figura 6 - Valores médios dos teores de Fósforo na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	35
Figura 7 - Valores médios dos teores de Potássio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	36
Figura 8 - Valores médios dos teores de Cálcio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	38
Figura 9 - Valores médios dos teores de Magnésio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	39
Figura 10 - Valores médios dos teores de Enxofre na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	39
Figura 11 - Valores médios dos teores de Boro na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	41
Figura 12 - Valores médios dos teores de Ferro na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	41
Figura 13 - Valores médios dos teores de Manganês na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	42

Figura 14 - Valores médios dos teores de Zinco na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....42

Figura 15 - Valores médios dos teores de Cobre na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2, ou +3, consideradas adequadas .....	23
Tabela 2 - Resultados das análises químicas de amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade .....	28
Tabela 3 – Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, na folha +3 das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, no ciclo de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.....	31
Tabela 4 – Médias dos teores foliares de nitrogênio nos ciclos em que se constatou efeito varietal .....	33
Tabela 5 – Médias dos teores foliares de fósforo, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.....	35
Tabela 6 – Médias dos teores foliares de potássio, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.....	36
Tabela 7 – Médias dos teores foliares de foliares de cálcio, magnésio e enxofre, nos ciclos em que se constatou efeito varietal .....	38
Tabela 8 – Médias dos teores foliares de boro, ferro, manganês e zinco, nos ciclos em que se constatou efeito varietal .....	40
Tabela 9 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de TCH, ATR t <sup>-1</sup> de colmo, ATR ha <sup>-1</sup> , Brix, Pol, PCC, Pureza e Fibra, de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.....	43
Tabela 10 - Médias da produção de colmos industrializáveis (TCH) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas .....	45
Tabela 11 - Valores médios de ATR t <sup>-1</sup> de colmo, Brix, Pol, PCC, Pureza e Fibra, de três variedades de cana-de-açúcar (Média dos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas) por três variedades de cana.....	46
Tabela 12 - Médias de total de açúcares recuperáveis por hectare (ATR ha <sup>-1</sup> ) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas .....	47

Tabela 13 - Médias dos teores do Total de Açúcares Recuperáveis por Tonelada de Colmos Industrializáveis (ATR t <sup>-1</sup> de colmos) Sólidos Solúveis (Brix), Sacarose Aparente (Pol), Sacarose Aparente nos Colmos (PCC), Pureza do caldo (Pureza) e Fibras dos colmos (Fibra) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.....	48
Tabela 14 - Quadrados médios da análise de variância e médias dos acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P) e potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	49
Tabela 15 - Valores médios dos acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P) e potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas .....	49

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1	Características botânicas e industriais da cana-de-açúcar .....	18
2.2	Panorama atual da cultura .....	20
2.3	Características das variedades .....	20
2.3.1	RB92579 .....	21
2.3.2	RB961552 .....	21
2.3.3	RB98710 .....	21
2.4	Estado Nutricional .....	22
2.5	Qualidade do Caldo .....	23
2.5.1	Teor de Sólidos Solúveis .....	23
2.5.2	Teor de Sacarose Aparente e Açúcares Redutores .....	24
2.5.3	Teor de Fibra .....	24
2.5.4	Pureza .....	24
2.6	Produção de Biomassa e Acúmulo de Nutrientes .....	25
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
3.1	Preparo do solo .....	28
3.2	Delineamento experimental .....	28
3.3	Estado Nutricional .....	29
3.4	Colheita da cana-planta .....	29
3.5	Colheita da primeira, segunda e terceira rebrotas .....	30
3.6	Análise estatística .....	30
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
4.1	Estado Nutricional .....	31
4.2	Qualidade do caldo .....	43
4.3	Acúmulo de Matéria Seca e de Nutrientes .....	48
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira do Brasil é uma das mais eficientes e competitivas do mundo e essa competitividade deve-se às tecnologias nacionais obtidas pelas universidades, centro de pesquisas e empresas particulares. A implementação de diversas tecnologias nacionais tem permitido aumentar a eficiência dos insumos, diminuir os custos de produção e elevar a produtividade da terra e dos recursos humanos, com vistas a tornar o sistema produtivo mais lucrativo e sustentável (OLIVEIRA et al., 2011b). Tecnologias como o uso de calagem, gessagem, controle de pragas e plantas daninhas, a irrigação são exemplos significativos dentre as principais tecnologias adotadas (OLIVEIRA et al., 2007; CALHEIROS et al., 2012; SILVA et al., 2018). Outra prática importante é a escolha de variedades que sejam bem adaptadas e com boa produtividade, pois cultivares obtidos a partir de seleções regionais comumente promovem ganhos substanciais de produção (SILVA et al., 2017).

A maior parte do conhecimento científico que permite estes avanços é responsabilidade das universidades, centro de pesquisas e empresas particulares que desenvolvem estudos acerca do melhoramento genético de plantas e disponibilizam variedades cada vez mais produtivas e bem adaptadas às condições edafoclimáticas. Entretanto, faz-se necessário estudo quanto à nutrição mineral de plantas para avaliar a extração de nutrientes por cada variedade. Isto permite estabelecer práticas que contribuam para manter e/ou elevar a fertilidade do solo, garantindo altas produtividades nos ciclos de cana-planta e, para posteriores rebrotas, decréscimos reduzidos de produtividade (OLIVEIRA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2018).

A taxa fotossintética e o metabolismo da sacarose são influenciados pelos teores de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, por consequência, também influenciam a produtividade, a qualidade do caldo, a longevidade e a lucratividade do canavial (MENDES, 2006). Com base no monitoramento do estado nutricional é possível verificar se uma planta está bem suprida ou se há algum nutriente cuja concentração esteja limitando o seu desenvolvimento. Pela análise foliar pode-se determinar se as plantas estão adequadamente nutridas e se há necessidade de alteração nas adubações (MALAVOLTA, et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011).

É recomendável que nos estudos de avaliação do potencial produtivo de novas variedades de cana-de-açúcar se quantifique, além da extração de nutrientes, o estado



nutricional que apresentam (OLIVEIRA et al., 2011a). A análise conjunta desses resultados auxilia na compreensão dos fatores responsáveis pela capacidade de adaptação e produtividade de determinado cultivar, servindo também para orientar no manejo da variedade (OLIVEIRA et al., 2007; CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2018).

Nos estudos de avaliação do potencial produtivo de uma variedade de cana-de-açúcar deve-se também avaliar a qualidade dos colmos, determinando-se os teores de sólidos solúveis, sacarose e açúcares redutores, teor de fibra e pureza, dentre outros, porque esses compostos orgânicos interferem no processo industrial e na qualidade dos produtos (CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre as variedades cultivadas no estado de Alagoas, a RB92579 tem sido a mais plantada. Devido a sua boa produtividade agrícola, alto perfilhamento, elevado teor de Açúcar Total Recuperável (ATR) e alta recuperação em condições de estresse hídrico (DAROS et al., 2015), tem sido bem aceita por produtores, fornecedores e usinas de açúcar, álcool e bioenergia, portanto é possível encontrar referências na literatura quanto ao seu estado nutricional, entretanto para as variedades RB961552 e RB98710 não foram encontradas referências sobre seu desempenho, em especial nos ciclos de primeira, segunda e terceira rebrotas.

Ante ao exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar, nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas o potencial produtivo das variedades RB961552 e RB98710, comparativamente à RB92579, o estado nutricional, o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa da parte aérea, além de quantificar a produção de sacarose e a qualidade dos colmos industrializáveis a partir dos teores de sólidos solúveis, sacarose aparente e ATR.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E INDUSTRIAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

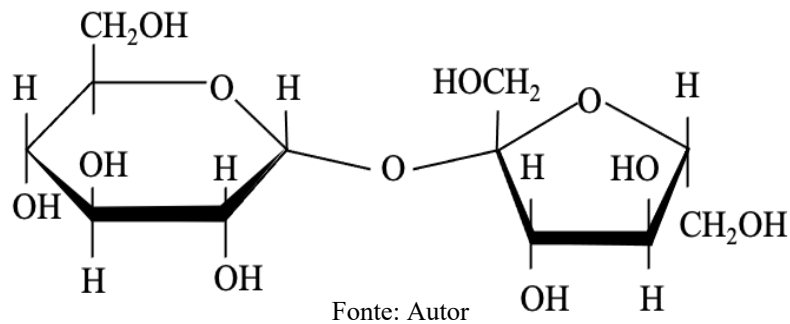
O início do cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) data do período colonial. Esta planta, cuja origem é exótica ao território brasileiro e que foi introduzida pelos portugueses durante o período das Grandes Navegações, tem como possível centro de origem as Ilhas do Arquipélago da Polinésia ou a Nova Guiné ou a Índia (FIGUEIREDO, 2008). Pertencente à divisão Embryophita, subdivisão Angiospermae, classe Monocotyledonae, ordem Glumiflorae, família Poaceae, tribo Andropogonae, subtribo Saccharae, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum* spp. Monocotiledônea, adaptou-se ao clima tropical e às condições de solo, consolidando-se como uma cultura de importância econômica já nos primeiros anos de seu cultivo em terras brasileiras (ALVES, 2004; BRAIBANTE et al., 2013).

É uma planta que se desenvolve bem em regiões cujo clima é caracterizado por uma estação chuvosa bem definida, alta intensidade solar seguida de um período seco com menor intensidade luminosa. A temperatura ideal de cultivo se situa entre 32°C para fase de germinação, de 20 a 28°C na fase de crescimento e 12 a 20°C na fase de maturação (CASAGRANDE, 1991). No Brasil, o município de Murici destaca-se por ser o local que possui condições edafoclimáticas propícias para a floração da cana, onde são realizados cruzamentos genéticos que dão origem às variedades melhoradas, com a instalação do Banco de Germoplasma Serra do Ouro, gerenciado pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético – RIDESA (DAROS et al., 2015).

A inflorescência da cana é do tipo panícula, com flores hermafroditas, folhas alternadas, opostas, presas aos nós do colmo (SILVA et al., 2010). O cultivo comercial da cana é feito através do plantio de pedaços do colmo, pela técnica de propagação vegetativa e faz uso de variedades híbridas interespecíficas, obtidas pelo cruzamento entre espécies. Devido ao seu caule robusto, ela acumula grandes quantidades de sacarose. A partir da moagem dos colmos é extraído o caldo da cana, um líquido viscoso de coloração amarelo-esverdeado, cuja composição química é variável (PAYNE, 1989), constituído por cerca de 80% de água e 20% de sólidos totais dissolvidos. Esses 20% são compostos por cerca de 17% de sacarose; 0,4% de glicose; 0,2% de frutose e os demais por substâncias nitrogenadas, ácidos orgânicos, gorduras, ceras e outras substâncias (STUPIELLO, 1987).

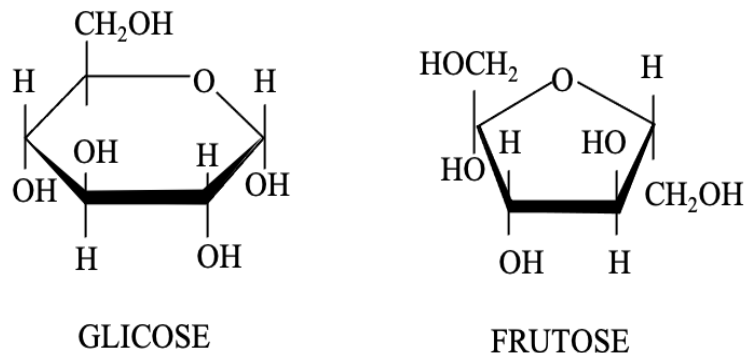
A respeito dos açúcares presentes no caldo e sua importância industrial, inicialmente será tratado a respeito da Sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Considerado o principal ingrediente para a fabricação dos produtos industriais, esse carboidrato é um dissacarídeo formado pela união de uma molécula de  $\beta$ -frutose com uma de  $\alpha$ -glicose liberando água no processo de ligação glicosídica, conforme apresentado na Figura 1 (NELSON; COX, 2014). Na indústria, para o processamento da cana-de-açúcar, deseja-se obter a sua forma cristalizada por meio de reações de decomposição em meio ácido e básico, por efeito da temperatura, por ação de enzimas ou microorganismos (MANTELLATO, 2005).

Figura 1 – Estrutura molecular da Sacarose



Os principais monossacarídeos encontrados no caldo da cana são a Glicose e a Frutose, que são isômeros com estrutura molecular  $C_6H_{12}O_6$  que se diferenciam em sua conformação estrutural: a glicose possui um anel com seis átomos de carbono chamado piranose e a frutose possui um anel com cinco carbonos, furanose, conforme apresentado na Figura 2 (NELSON; COX, 2014). Esses açúcares redutores influenciam o processamento do caldo, podendo interferir negativamente na forma final dos cristais de sacarose devido a formação de compostos coloridos e complexos, e formação de ácido aspártico por efeito da sua decomposição (DELGADO; CESAR, 1977).

Figura 2 – Estruturas moleculares da Glicose e Frutose



Fonte: Autor

A partir da extração do caldo, diferentes produtos podem ser obtidos como o açúcar, etanol anidro, etanol hidratado, fabricação de doces. O bagaço pode ser usado na produção de bioenergia. As folhas, sob sistema de colheita mecanizada, são usadas como adubo verde e a cana ainda poder ser usada para produzir forragem para alimentação animal, demonstrando o seu múltiplo uso agroindustrial.

## 2.2 PANORAMA ATUAL DA CULTURA

A cultura da cana está entre as principais culturas de interesse comercial no mundo. Com cerca de 27 milhões de hectares ocupados (SANTOS et al., 2016), Índia, Brasil, Cuba, México, China, Filipinas, Austrália, África do sul, Estados Unidos da América e República Dominicana são os maiores produtores (ROS, 2004). Em território brasileiro, é a terceira entre as maiores áreas de plantio, com estimativa de 8,605 milhões de hectares para a safra 2020/2021, um incremento de 1,9% em relação à temporada passada (CONAB, 2020), sendo superada apenas pela soja e pelo milho (SANTOS et al., 2016).

Para a região Nordeste, estima-se que a safra atual tenha um aumento de área de 0,8% em relação ao ciclo 2019/2020, com 851 mil hectares de área colhida. A mesma tendência é observada para a produtividade da região, prevista em 59.793 kg ha<sup>-1</sup>, justificada pelas condições climáticas favoráveis no que se refere à pluviosidade para este ciclo e representando um aumento de 2,8% em relação a safra anterior. Em Alagoas, a área colhida foi 292,0 mil hectares na safra 2019/2020, e há previsão de um aumento de 2,4% para a safra 2020/2021. A produção de cana foi de 17.439,5 mil toneladas para a safra passada e a previsão é de 18.134,6 mil toneladas para a de 2020/2021, consolidando-se como a principal cultura do estado, sendo superada apenas por São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso, com produções de 342.614,3; 75.273,7; 68.699,8; 47.515,0; 34.352,6; 17.657,7 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2020).

Dentre os seus principais produtos industriais o açúcar e o etanol são os mais conhecidos. A estimativa é de 41,8 milhões de toneladas de açúcar, um incremento de aproximadamente 12 milhões em relação a safra 2019/2020. Enquanto o etanol apresenta redução de 7,9% saindo de 35,7 bilhões de litros para 32,9 bilhões (CONAB, 2020).

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES

A escolha das variedades é um dos fatores agronômicos de maior destaque na busca por incremento de produtividade devido ao baixo custo e a sua importância para o sistema de

produção (LIMA; BARBOSA,1996; BARBOSA et al., 2007). Os programas de melhoramento genético têm oferecido cada vez mais variedades produtivas e bem adaptadas aos ambientes edafoclimáticos, com destaque para a RB867515, com cerca de 25% de toda a área de cana do Brasil e RB92579, com cerca de 10%, sendo esta última a mais plantada em Alagoas, com 34,6% de toda a área cultivada de cana no estado (BRAGA et al., 2018).

### 2.3.1 RB92579

Lançada em 2003 pela Universidade Federal de Alagoas, é caracterizada por ter alta produtividade, ser eficiente no uso da água, altamente responsiva à irrigação, boa recuperação ao estresse hídrico e alta eficiência no uso dos principais nutrientes. Apresenta também ótimo teor de sacarose, médio teor de fibra, maturação média e florescimento baixo. A variedade é recomendada para colheita do meio para o final de safra. É uma variedade com desenvolvimento lento, colmo de aspecto manchado, pouca cera, cor roxa ao sol e amarelo verde sob a bainha, entrenós de diâmetro e comprimento médios; despalha difícil, gemas pouco salientes; folhas largas, com pontas curvas, ausência de joçal (OLIVEIRA et al., 2015).

### 2.3.2 RB961552

A RB961552 é resultado do cruzamento entre as variedades B4362 e IAC68/12. Entre as características morfológicas apresenta excelente brotação em cana-planta, velocidade de crescimento média, bom diâmetro, exigente em relação à umidade de solo, baixa velocidade de crescimento nos cultivos de sequeiro, mas altamente responsiva à fertirrigação, maturação média à tardia. Apresenta elevada produtividade agrícola; boa longevidade do canavial; porte semiereto, facilitando a operação da colheita manual; raro florescimento; médio teor de sacarose, recomendada para colheita do meio para o final de safra. Tem sido recomendado o monitoramento de broca comum. Quanto as doenças foliares a variedade RB961552 é resistente a ferrugem marrom e ferrugem alaranjada e apresenta reação intermediária quanto a escaldadura das folhas (OLIVEIRA et al., 2015; LOPES, 2018).

### 2.3.3 RB98710

Esta variedade é o resultado da SP813250 com a variedade RB93509. É de crescimento lento; colmo de aspecto manchado, com ausência de cera, cor roxo-amarelo ao sol e amarelo-roxo sob a bainha; entrenós de comprimento curto e diâmetro médio; gemas pequenas e pouco salientes; folhas estreitas e arqueadas, joçal regular. Devido a sua precocidade, recomenda-se a

colheita para início de safra: de setembro a dezembro. A produção de colmos é alta, e nesses colmos a concentração de sacarose é alta, por outro lado, os colmos têm baixo teor de fibra. É uma variedade moderadamente susceptível a carvão e escaldadura e apresenta resistência a ferrugem marrom e mosaico (OLIVEIRA et al., 2015; LOPES, 2018).

#### 2.4 ESTADO NUTRICIONAL

O objetivo da avaliação do estado nutricional de uma cultura é a identificação dos elementos que estão restringindo o seu crescimento e desenvolvimento. Por meio da comparação entre uma população de plantas com um padrão, que se refere a uma planta sem nenhuma limitação do ponto de vista nutricional e capaz de altas produções que são obtidos de forma experimental (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002).

Para essa análise, pode-se fazer uso de diferentes métodos de avaliação como a Diagnose visual e a Foliar, testes bioquímicos, teor de clorofila e testes de tecidos (FAQUIN, 2002; MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011). Tem-se utilizado a diagnose foliar como preterida para avaliação, visto que a folha é o órgão da planta que melhor representa as variações do estado nutricional e pode externar as variações no suprimento de nutrientes (CANTARUTTI et al., 2007). Para a cana-de-açúcar tem-se recomendado usar a folha +3 para realização dessa análise, sendo a folha +1, no sentido descendente do caule, a primeira que apresenta a lígula (região de inserção da bainha foliar no colmo) totalmente visível (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011).

Os valores obtidos na análise das amostras devem ser comparados aos apresentados na literatura, segundo um nível crítico e faixas de valores médios que é definido como a concentração do nutriente no tecido vegetal, acima do qual a probabilidade de resposta é inferior a 10%. Na Tabela 1 estão as faixas de concentrações de nutrientes, consideradas adequadas, conforme citação de Orlando Filho (1983), Malavolta et al. (1997) e Raij (2011).

Tabela 1 - Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2, ou +3, consideradas adequadas.

Autores	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Malavolta et al. (1997)*	19-21	2,0-2,4	11-13	8,0-10	2,0-3,0	2,5-3,0
Malavolta et al. (1997)**	20-22	1,8-2,0	13-15	5,0-7,0	2,0-2,5	2,5-3,0
Raij (2011)	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
Orlando Filho (1983)	16-26	2,0-3,5	6-14	4,3-7,6	1,1-3,6	1,3-2,8
Autores	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>					
Malavolta et al. (1997)*	15-50	8-10	200-500	100-250	0,15-0,30	25-50
Malavolta et al. (1997)**	-----	8-10	80-150	50-125	-----	25-30
Raij (2011)	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50
Orlando Filho (1983)	6-29	9-17	76-392	73-249	-----	----

\* e \*\*: Faixas de concentração para a cana-planta e rebrotas, respectivamente.

Fonte: Autor

## 2.5 QUALIDADE DO CALDO

A fase líquida da cana-de-açúcar é o caldo extraído dos entrenós do colmo. Sua composição varia de acordo com a variedade, tipo de solo, grau de maturação e condições climáticas (PAYNE, 1989; GELLHER et al., 1996; MARTINS, 2004). Para a avaliação da qualidade do caldo, faz-se a determinação dos Teores de Sólidos Solúveis (Brix), Sacarose e açúcares redutores através da Sacarose Aparente (Pol), Pureza e Fibra (LANDELL et al., 2006; CAIONE et al., 2011; CALHEIROS et al., 2012).

### 2.5.1 Teor de Sólidos Solúveis

No setor Sucroenergético é comum o uso de termos próprios entre os produtores de cana e as usinas onde é feito o seu processamento, um deles é o Brix (homenagem ao sobrenome do pesquisador Adolf Ferdinand W. Brix que desenvolveu a escala utilizada na indústria de alimentos) que se refere ao Teor de Sólidos Solúveis contidos em uma solução açucarada impura que é expresso na forma percentual. A sua determinação é feita por refratometria ou por densidade. De maneira geral, sua concentração varia de 18 a 25% no caldo da cana (FERNANDES, 2000; LAVANHOLI, 2008).

### 2.5.2 Teor de Sacarose Aparente e Açúcares Redutores

Essa variável é uma das mais importantes para a indústria sucroenergética. Comumente chamado de “Pol” no setor Sucroenergético, o Teor de Sacarose Aparente é a quantidade de sacarose aparente em 100g de solução. Quanto maior o teor de sacarose, mais madura está a cana. Quando ainda imatura, as quantidades de açúcares redutores são maiores e afetam negativamente a leitura da sacarose aparente. Isso se dá porque o polarímetro, equipamento utilizado para quantificar a sacarose aparente e de onde deriva o termo “Pol”, quantifica o desvio da luz polarizada; esses açúcares redutores e compostos precursores de cor podem desviar a luz no mesmo sentido da sacarose e interferir na leitura do equipamento, o que pode gerar uma leitura equivocada (FERNANDES, 2000; KANEKO et al., 2009).

Teores acima de 14% são considerados como indicativo de boa qualidade. Glicose e Frutose são os principais açúcares redutores presentes no caldo e que influenciam também na sua pureza. Esses monossacarídeos têm capacidade de reduzir o cobre da forma cúprica para cuprosa, em meio alcalino. Eles diminuem a quantidade de açúcar recuperado na indústria, aumentam a cor do caldo dificultando o processo de clareamento e depreciam a qualidade do açúcar (FERNANDES, 2000). Nem todos os sólidos contidos no caldo da cana são sacarose. Uma parte dá origem ao mel e ao álcool que, por estequiometria determina-se o teor de Açúcar Total Recuperável (ATR) que representa a quantidade total de açúcar que potencialmente poderia ter sido produzida.

### 2.5.3 Teor de Fibra

A fibra é a parte insolúvel em água presente na cana. A Fibra Botânica é aquela determinada a partir dos colmos limpos, quantificando os teores de celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes da parede celular; a Fibra Industrial é resultado da matéria-prima, sendo as impurezas ou matérias estranhas que provocam o aumento dos sólidos insolúveis como folhas secas, folhas verdes, ponteiros da cana, plantas daninhas, terra etc. Quanto maior a quantidade de fibra, mais resistência a variedade tem ao tombamento e maior resistência a pragas que atacam o colmo. Os teores ideais situam-se entre 11 e 13% para a cana-de-açúcar (FERNANDES, 2000; ANDRADE, 2006; LAVANHOLI, 2008).

### 2.5.4 Pureza

A pureza é um importante indicador da maturidade da cana, pois alto índice é um prenúncio de facilidade de fabricação, formando um açúcar de qualidade. Canas maduras



apresentam maiores teores de Sacarose e, portando, maior pureza, pois esta variável refere-se ao teor de sacarose contida nos sólidos solúveis (FERNANDES, 2000; ANDRADE, 2006; LAVANHOLI, 2008). À medida que a cana envelhece, a pureza diminui, pois há maior deterioração da sacarose.

## 2.6 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de massa, extrai e acumula, conseqüentemente, grande quantidade de nutrientes do solo. Para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 t de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), respectivamente. No caso dos micronutrientes Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Boro (B), os acúmulos na biomassa da parte aérea, também para uma produção de 120 t, são por volta de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4; e 0,3 kg, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011a; CALHEIROS et al., 2012). O teor de matéria seca para a cana-de-açúcar varia de 24 a 32% da massa de matéria natural e pode ultrapassar 60 t ha<sup>-1</sup> (MENDES, 2006).

A taxa fotossintética e o metabolismo da sacarose são influenciados pelo teor de nutrientes na folha, por consequência, também influenciam a produtividade do canavial, a qualidade do caldo, a longevidade e a lucratividade (MENDES, 2006). O monitoramento do estado nutricional permite saber se uma planta está bem suprida ou se algum nutriente está limitando seu desenvolvimento. Pela análise foliar pode-se determinar se as plantas estão adequadamente nutridas e se há necessidade de alteração nas adubações (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011). Essa análise permite um manejo racional que forneça as quantidades de nutrientes à cultura para garantir o seu desenvolvimento (COLETI et al., 2006).

Em estudo conduzido por Mendes et al. (2010) com a variedade RB92579 cultivada em condições tropicais semiáridas, em Juazeiro-BA, região do Submédio do Vale do São Francisco, os autores verificaram que a extração dos nutrientes seguiu a ordem decrescente K>N>P. A extração média para K, N e P foi, respectivamente, da ordem de 441 kg ha<sup>-1</sup>; 192 kg ha<sup>-1</sup>; 49 kg ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2018) em estudo conduzido em Anadia, Alagoas, em latossolo Vermelho Distrófico, avaliaram o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas para as variedades RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212. Os autores verificaram que a acumulação média de macronutrientes

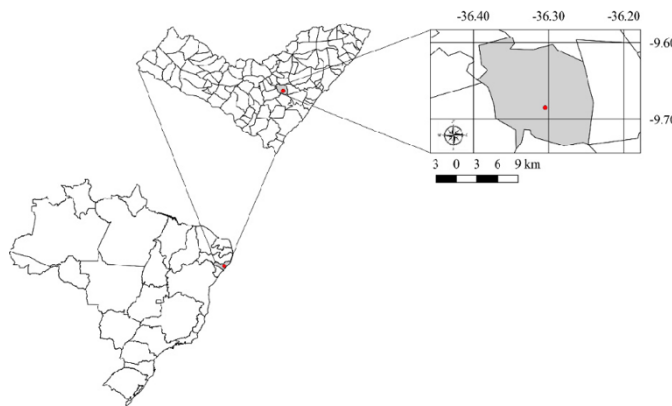
foi a seguinte, por ordem decrescente:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ , enquanto nas rebrotas a sequência observada foi  $K > N > Ca > S > Mg > P$ .

Em virtude da alta capacidade de remoção de nutrientes pela cana, o uso de avaliações para determinar a capacidade de fornecimento desses nutrientes pelo solo faz-se necessário a fim de complementá-los com adubações químicas, orgânicas e resíduos agroindustriais (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

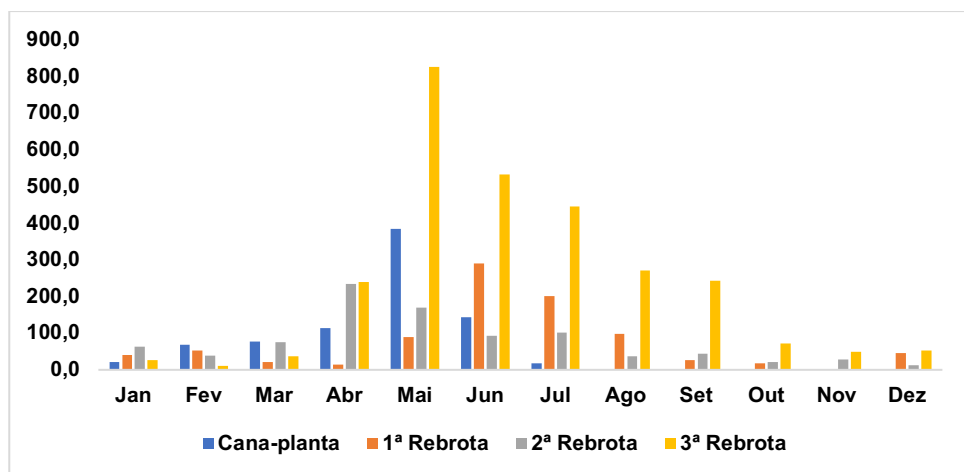
O estudo foi conduzido no município de Anadia, agreste Alagoano (Latitude  $09^{\circ}41'04''\text{S}$  e Longitude  $36^{\circ}18'15''\text{W}$ ). Área do estudo pertence à Usina Triunfo que está localizada no município de Boca da Mata – Alagoas (Figura 3). O clima da área de estudo é tropical chuvoso, com verões secos, segundo classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1200 mm (Figura 4) e temperatura média anual de  $29^{\circ}\text{C}$ . O relevo varia de plano a suavemente ondulado. O solo utilizado foi classificado como um Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2018). Este trabalho é uma continuidade de estudos de longo prazo conduzidos pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas do CECA/UFAL.

Figura 3 - Localização geográfica do município de Anadia - AL, local de condução do estudo



Fonte: Autor

Figura 4 – Precipitação Pluviométrica do município de Anadia – AL ao longo do estudo



Fonte: Autor

### 3.1 PREPARO DO SOLO

Antecedendo a implantação do estudo foram coletadas amostras de solo da área, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. De posse dos resultados da análise química dessas amostras de solo (Tabela 2) foi avaliada a necessidade de aplicação de calcário e de gesso, visando elevar a saturação por bases a 60% na camada arável e reduzir a saturação por alumínio na camada de 20 a 40 cm, conforme proposto por Oliveira et al. (2007) e Raij (2011). Após a aplicação do calcário e gesso, o solo foi arado e gradeado, sulcando-se a seguir, no espaçamento de 1,0 metro. A adubação química, aplicada no fundo do sulco de plantio, foi a usualmente empregada pela usina: 500 kg por hectare de 09-14-22.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas de amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

Camada	pH	P	K	Na	V	m	
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			(%)		
0 a 20 cm	5,1	42	53	0,0	24,92	18,73	
20 a 40 cm	4,9	11	18	0,0	16,53	42,37	

Camada	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC (t)	CTC (T)
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0 a 20 cm	0,40	5,23	1,14	0,46	1,74	2,14	6,97
20 a 40 cm	0,60	4,12	0,43	0,34	0,82	1,42	4,94

pH em H<sub>2</sub>O (Relação 1:2,5). P e K: Extrator Mehlich. Ca, Mg e Al: Extrator KCl. H+Al: Extrator Acetato de Cálcio.

Fonte: Autor

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições em esquema fatorial (três variedades x quatro ciclos x cinco repetições). As parcelas foram constituídas de sete sulcos de oito metros de comprimento. Plantaram-se as três variedades de cana-de-açúcar: 1) RB92579, variedade referência ou padrão; 2) RB961552; e 3) RB98710. A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro de sulco, usando-se mudas de cana com oito meses de idade. Após o plantio, aplicou-se herbicida pré-emergente para o controle de plantas daninhas.

### 3.3 ESTADO NUTRICIONAL

Nos quatro ciclos, a avaliação do estado nutricional foi realizada na fase de crescimento máximo da cultura. No ciclo de cana-planta as avaliações foram realizadas aos oito meses após o plantio e, na primeira, segunda e terceira rebrotas aos seis meses após início da brotação. Foram coletadas folhas +3, seguindo-se métodos descrito por Malavolta et al. (1997), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018). As amostras foram coletadas nas cinco fileiras centrais das parcelas. O terço médio do limbo foliar, excluído a nervura central, foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o fósforo e boro por espectrofotometria, potássio por fotometria de chama. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica, o enxofre por turbodimetria (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; SILVA; QUEIROZ, 2006).

### 3.4 COLHEITA DA CANA-PLANTA

Em virtude de o prazo máximo do mestrado ser de dois anos e o estudo ter sido conduzido por quatro anos, as atividades de plantio e colheita da cana foram conduzidas anteriormente pelo grupo de estudo e as análises feitas a posteriori. Em dezembro do ano subsequente ao plantio, quando a cana estava madura, realizou-se o corte da cana-planta, avaliando-se o acúmulo de biomassa na parte aérea, a produção de colmos industrializáveis e a qualidade do caldo. As avaliações foram realizadas nos três sulcos centrais da parcela, descontando-se 1,0 metro em cada cabeceira da parcela. A cana foi cortada rente ao solo e uma amostra foi despontada e despalhada, pesando-se a seguir os colmos industrializáveis. Outra amostra da cana cortada rente ao solo não foi despalhada e nem despontada, sendo posteriormente pesada e utilizada para avaliar o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa aérea das plantas.

Para a amostra que foi despontada e despalhada, pesou-se a seguir os colmos industrializáveis. Os valores obtidos foram extrapolados para 10.000 m<sup>2</sup>, determinando-se assim a produção de colmos industrializáveis, em toneladas por hectare (TCH). Subamostras de 10 colmos industrializáveis de cada parcela, foram identificadas e encaminhadas para o laboratório da Usina Triunfo, para avaliação da qualidade do caldo das três variedades. Os 10 colmos industrializáveis foram passados em picadeiras de forragem, homogeneizados e, uma subamostra de 500 gramas ( $500 \pm 1$  g) foi prensada a 250 kgf cm<sup>2</sup>, por um minuto (FERNANDES, 2000). No caldo obtido foram determinados os teores de sólidos solúveis

(“Brix”), sacarose aparente (“POL”), pureza do caldo (“Pureza”), teor de sacarose aparente nos colmos (“PCC”), Total de Açúcares Recuperáveis (“ATR”). Para o cálculo do teor de fibra nos colmos industrializáveis foram utilizados os procedimentos e cálculos descritos por Fernandes (2000).

Uma subamostra de toda a biomassa aérea da cana (amostra que não foi despontada e despalhada) foi passada em picadeira de forragem e seca a 65 °C em estufa de ventilação forçada até massa constante, para realizar a determinação da matéria seca. Essas subamostras foram passadas em moinho tipo Willey, sendo posteriormente quantificado os teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Os teores de nitrogênio foram determinados pelo método de Kjeldahl, o fósforo por espectrofotometria e, o potássio por fotometria de chama, conforme descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2006), à semelhança das análises realizadas para a avaliação do estado nutricional.

### 3.5 COLHEITA DA PRIMEIRA, SEGUNDA E TERCEIRA REBROTAS

Logo após a colheita da cana-planta, realizou-se a adubação da primeira rebrota, aplicando-se dose equivalente a 500 kg do adubo 20-05-20 por hectare, com distribuição manual do fertilizante. Após adubação, aplicou-se herbicida pré-emergente para o controle de plantas daninhas, em todas as rebrotas o controle de plantas daninhas foi químico, tendo-se aplicado o herbicida *Tebutiuron* na dose de 1,0 kg do princípio ativo por hectare. Em dezembro do ano subsequente ao corte da cana-planta, realizou-se o corte da primeira rebrota, avaliando-se novamente o acúmulo de biomassa na parte aérea, a produção de colmos industrializáveis e a qualidade do caldo, seguindo-se os mesmos procedimentos descritos para a cana-planta. Para a segunda e terceira rebrotas, os procedimentos foram os mesmos da cana de primeira rebrota.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores médios da produção de colmos industrializáveis, dos teores de sólidos solúveis no caldo, sacarose aparente no caldo, pureza do caldo, fibra dos colmos, total de açúcares recuperáveis por toneladas de colmos industrializáveis e produção do total de açúcares recuperáveis por hectare, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Em caso de interação significativa entre variedades e ciclos, foi feito o desdobramento de das variedades dentro de cada ciclo. Essas análises foram realizadas com auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados da análise de variância para os teores de macro e micronutrientes no limbo foliar, nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas. Posteriormente, serão discutidos os resultados relacionados ao acúmulo de matéria seca, produção de colmos industrializáveis, qualidade do caldo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta nesses quatro ciclos.

### 4.1 ESTADO NUTRICIONAL

Na Tabela 3 estão apresentados os quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na folha +3, das três variedades de cana-de-açúcar.

Tabela 3 – Quadrados médios das análises de variância e coeficiente de variação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, na folha +3 das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, no ciclo de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Fonte de Variação		Quadrados Médios					
Ciclo da cana	N	P	K	Ca	Mg	S	
Cana-planta	97,529**	0,032 <sup>ns</sup>	0,314 <sup>ns</sup>	0,381 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>	0,114*	
Primeira rebrota	8,513**	0,045**	2,174 <sup>ns</sup>	0,825*	0,056*	0,139*	
Segunda rebrota	0,422 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	1,692**	0,761**	0,044 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	
Terceira rebrota	6,863**	6,044**	15,261**	0,012 <sup>ns</sup>	0,861**	0,013 <sup>ns</sup>	
Ciclo da cana	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Cana-planta	0,453 <sup>ns</sup>	0,200 <sup>ns</sup>	536,267*	0,200 <sup>ns</sup>	23,400*		
Primeira rebrota	25,565**	0,06 <sup>ns</sup>	22,200 <sup>ns</sup>	6,067 <sup>ns</sup>	11,467*		
Segunda rebrota	4,96 <sup>ns</sup>	0,467 <sup>ns</sup>	306,46**	3,800 <sup>ns</sup>	1,866 <sup>ns</sup>		
Terceira rebrota	20,561**	0,066 <sup>ns</sup>	120,86**	29,40**	4,86 <sup>ns</sup>		
		Coeficiente de variação					
Ciclo da cana	N	P	K	Ca	Mg	S	
Cana-planta	4,70	10,92	7,46	13,05	7,90	9,40	
Primeira rebrota	3,93	10,59	7,01	15,13	10,57	13,54	
Segunda rebrota	7,44	4,61	5,28	7,22	10,15	6,49	
Terceira rebrota	4,51	4,94	6,46	9,29	5,96	11,81	
Ciclo da cana	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Cana-planta	8,96	24,54	9,74	27,69	14,98		
Primeira rebrota	8,16	16,29	8,13	16,28	11,47		
Segunda rebrota	11,72	10,67	8,30	8,08	9,91		
Terceira rebrota	16,30	24,70	8,67	10,21	8,76		

<sup>ns</sup>, \*, \*\* representam respectivamente, não significativo, e significativo a 5,0% e 1,0% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor

Pela análise da Tabela 3 verifica-se que houve efeito varietal sobre os teores de nitrogênio nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas. Para os teores foliares de fósforo o efeito de variedade foi observado apenas nos ciclos de primeira e terceira rebrota. Para o potássio, constatou-se efeito da variedade apenas para a segunda e a terceira rebrota. Para o cálcio o efeito foi observado na primeira e segunda rebrotas. Para o magnésio o efeito varietal ocorreu apenas na terceira rebrota, enquanto para o enxofre esse efeito foi constatado apenas no ciclo de cana-planta e primeira rebrota.

Para o nitrogênio, a ausência de efeito varietal na segunda rebrota talvez pudesse, em parte, ser explicada pelo aumento da variabilidade dos teores foliares de nitrogênio, nesse ciclo, uma vez que na segunda rebrota foi constatado o maior coeficiente de variação: 7,44%. A variabilidade experimental talvez também pudesse ser uma das causas da ausência de efeito varietal nos teores foliares de cobre, nos quatro ciclos, uma vez que o coeficiente de variação para esse elemento esteve sempre acima de 10%. Contudo, a variabilidade experimental não explicaria esse efeito para o fósforo, pois na primeira rebrota, ciclo com efeito varietal, o coeficiente de variação foi de 10,53%, maior que no ciclo de segunda rebrota, no qual não se constatou o efeito de variedade.

Em estudos conduzidos em áreas comerciais, ainda que usando delineamento em blocos e tomando-se várias medidas para diminuir o erro experimental, a ausência de acompanhamento muito refinado das condições micrometeorológicas e de disponibilidade hídrica no solo, dificulta ou impossibilita explicações cientificamente embasadas para os efeitos varietais erráticos, como os descritos no parágrafo anterior. A falta de conhecimento básico acerca da fisiologia destas variedades também dificulta explicações mais consistentes. Na ausência destas informações, as explicações são muito especulativas. Assim, a discussão a seguir será sobre as faixas de teores foliares considerados por Malavolta et al. (1997), Rajj (2011) e Oliveira et al. (2018).

Na Tabela 4 constam as médias dos teores foliares de nitrogênio, nos ciclos em que se constatou efeito varietal. Na Figura 4 são apresentados os valores médios de cada variedade, em cada ciclo, para o nitrogênio. Foi constatado teor acima da faixa adequada, somente no ciclo de cana-planta e para as variedades RB92579 (30,45 g de N kg<sup>-1</sup>) e RB961552 (30,45 g de N kg<sup>-1</sup>). Malavolta et al. (1997), Rajj (2011) e Oliveira et al. (2018) relatam que a faixa adequada de nitrogênio é de 18 a 26 g de N por kg de matéria seca de limbo foliar. Em situação oposta à verificada na cana-planta, na terceira rebrota, as três variedades tiveram teor insuficiente, respectivamente, 16,20; 14,4 e 14,0 g de N por kg de matéria seca de limbo foliar.

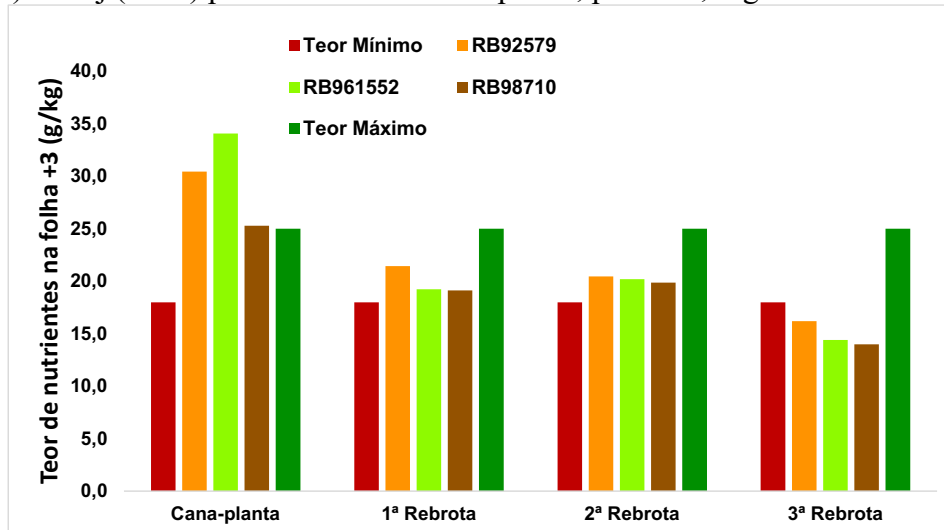


Tabela 4 – Médias dos teores foliares de nitrogênio nos ciclos em que se constatou efeito varietal.

Variedade	Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )		
	Cana-planta	Primeira Rebrota	Terceira Rebrota
RB92579	30,45 b*	21,44 b	16,20 b
RB961552	34,07 c	19,24 a	14,40 a
RB98710	25,28 a	19,13 a	14,00 a
<b>Média</b>	<b>29,93</b>	<b>19,94</b>	<b>14,86</b>

Faixa de teores considerados adequados para N: 18 a 26 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar  
 \* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.  
 Fonte: Autor

Figura 5 - Valores médios dos teores de Nitrogênio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raij (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas



Fonte: Autor

Comparativamente aos teores médios de nitrogênio da cana-planta, verificaram-se decréscimos médios de cerca de 33,4%; 32,6 e 50,3% nos teores foliares de nitrogênio da cana de primeira rebrota, cana de segunda rebrota e cana de terceira rebrota, respectivamente (Figura 4). A adubação nitrogenada da cana-planta foi de apenas 45 kg de N por hectare, enquanto nas rebrotas foi aplicado 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. O maior teor foliar de N, na cana-planta, provavelmente deveu-se a maior disponibilidade de N nativo do solo, no ciclo de cana-planta, originário da mineralização da matéria do solo, associado à maior eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas no ciclo de cana-planta.

Em relação à mineralização da matéria orgânica do solo, Oliveira et al. (2018) citam que pode-se recorrer aos estudos conduzidos nos tabuleiros costeiros de Pernambuco, nordeste do Brasil, por Salcedo et al. (1985) para reforçar essa afirmação. Salcedo e colaboradores

quantificaram a mineralização do carbono e do nitrogênio em um Podzólico vermelho-amarelo, latossólico arenoso, ao longo do ciclo da cana-planta, amostrando o solo antes do plantio e aos 3, 6, 11 e 16 meses após, nas profundidades de 0 a 20; 20 a 40 e de 40 a 60 cm. Os teores de carbono total foram de 6,7; 4,1 e 3,4 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que, para o N total, obtiveram-se valores de 0,7; 0,4 e 0,3 g kg<sup>-1</sup>. Foi constatado que as quantidades estimadas do N potencialmente mineralizável foram de 139 e 132 kg por hectare, para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 60 cm respectivamente, com uma constante de mineralização de 0,074 por semana. Salcedo et al. (1985) citam ainda que, apesar do solo estudado ser considerado de baixa fertilidade, pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que as quantidades de N orgânico mineralizado seriam suficientes para satisfazer as necessidades da cana-planta.

A absorção e o metabolismo do nitrogênio são muito influenciados pela disponibilidade endógena de fósforo (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2018). Oliveira et al. (2018), citando trabalho de Magalhães (1996) e Oliveira et al. (2007), afirmam que em plantas com suprimento adequado de P ocorre aumento na absorção do nitrato da solução do solo; há maior translocação de nitrato das raízes para a parte aérea, aumentando o acúmulo de aminoácidos em folhas e raízes. Oliveira et al. (2018) citam pesquisas conduzidas no estado de Minas Gerais, nas quais verificaram-se que o aumento da dose de adubação fosfatada, aplicada no sulco de plantio, repercutiu em maiores acúmulos de N na biomassa da parte aérea da cana-planta, tendo-se observado que, para cada quilograma de P aplicado, houve aumento de cerca de um quilograma de N nessa biomassa. Esses resultados são decorrentes dos efeitos das alterações causadas na absorção e no metabolismo do N, conforme citado por Magalhães (1996) e Oliveira et al. (2018).

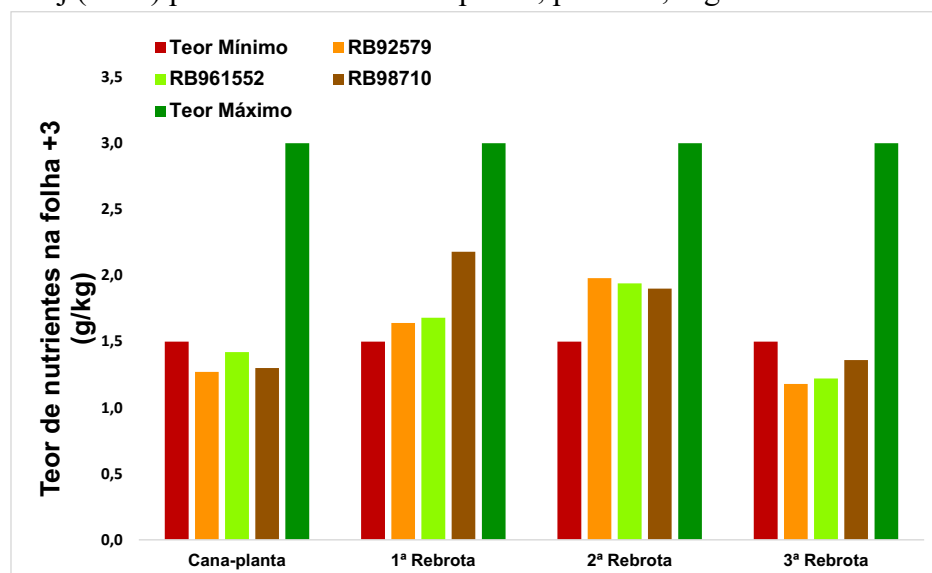
Na Tabela 5 constam as médias dos teores foliares de fósforo, nos ciclos em que se constatou efeito varietal. Na Figura 5 são apresentados os valores médios de cada variedade, em cada ciclo, para o fósforo. Verificaram-se teores adequados de fósforo apenas nos ciclos de primeira e segunda rebrotas, considerando-se com valor mínimo de suficiência 1,5 g de P por kg de matéria seca de limbo foliar, conforme Malavolta et al. (1997), Rajj (2011) e Oliveira et al. (2018).

Tabela 5 – Médias dos teores foliares de fósforo, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.

Variedade	Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	
	Primeira Rebrota	Terceira Rebrota
RB92579	1,64 a *	1,18 a
RB961552	1,68 a	1,22 a
RB98710	2,18 b	1,36 b
<b>Média</b>	<b>1,83</b>	<b>1,25</b>

Faixa de teores considerados adequados para P: 1,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar  
 \* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.  
 Fonte: Autor

Figura 6 - Valores médios dos teores de Fósforo na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



Fonte: Autor

Considerando a média disponibilidade de P no solo, que apresentou na camada de 0 a 20 cm, 45 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo, extraído com Melhich 1 (Tabela 2), as plantas, especialmente no ciclo de cana-planta também deveriam ter teores foliares adequados de P. Silva (2013), em estudo conduzidos em Anadia, em solo com alta disponibilidade de P na camada de 0 a 20 cm (103 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo), também relatou que, considerando a alta disponibilidade de P no solo, as plantas, especialmente no ciclo de cana-planta também deveriam ter altos teores foliares de P. Entretanto, tanto na cana-planta quanto na segunda rebrota os teores foliares variaram de 1,40 a 2,54. Em estudo conduzido na Usina Triunfo, com a RB867515 no ciclo de primeira rebrota, em solo com alto teor de P (valores médios de a 30 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo, extraído com

Mellich), Oliveira et al. (2011a) constataram teores foliares de P inferiores a  $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ , caracterizando segundo Malavolta et al. (1997) e Orlando Filho (1983) suprimento inadequado desse elemento. Entretanto, a produtividade da RB867515 foi de 166 t de colmos por hectare. Ante a esse fato e a outras observações de canaviais de altas produtividades e com teores P na folha a inferiores a  $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ , Oliveira et al. (2011a) indagaram se os valores de referência de Malavolta et al. (1997) e Orlando Filho (1983) estariam adequados para a avaliação do estado nutricional dos canaviais de Alagoas.

As médias dos teores foliares de potássio, nos ciclos em que se constatou efeito varietal estão apresentadas na Tabela 6. No ciclo de cana-planta, segunda e terceira rebrota, os teores foliares situaram-se muito próximos àquele considerado como mínimo:  $10,0 \text{ g}$  por potássio por  $\text{kg}$  de matéria seca de limbo foliar (Figura 6).

Tabela 6 – Médias dos teores foliares de potássio, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.

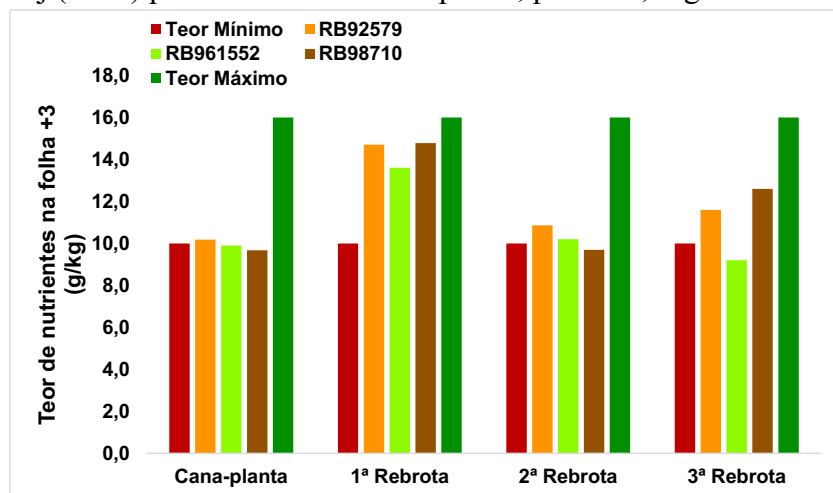
Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ )		
Variedade	Primeira Rebrota	Terceira Rebrota
RB92579	10,86 b*	11,60 b
RB961552	10,21 a	9,20 a
RB98710	9,70 a	12,60 b
<b>Média</b>	<b>10,25</b>	<b>11,13</b>

Faixa de teores considerados adequados para K:  $10 \text{ a } 16 \text{ g kg}^{-1}$  de matéria seca do limbo foliar

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Figura 7 - Valores médios dos teores de Potássio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



Fonte: Autor

À semelhança do que foi discutido anteriormente para o fósforo, também se esperavam teores foliares maiores de K, uma vez que a disponibilidade de potássio no solo usado para o estudo era de  $53 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 0 a 20 cm e de  $18 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 20 a 40 cm. Silva (2013) verificou, no estudo em Anadia, que os teores foliares de potássio, nas variedades RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212, variam de 7,92 a 10,0 g de potássio por kg de matéria seca de limbo foliar, mesmo o solo tendo teores de potássio, extraído com Mellich, de  $40 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 0 a 20 cm e, de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 20 a 40 cm. Teores foliares de 7,5 g de K por kg de matéria seca na folha +3 na variedade RB867515 foram observados por Oliveira et al. (2011a) em lavoura de alta produtividade, em Boca da Mata -AL.

Na tabela a seguir (Tabela 7) são apresentados os teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, nos ciclos em que se constatou efeito varietal. Para o cálcio, o efeito varietal foi constatado nos ciclos de primeira e segunda rebrotas, enquanto para o magnésio o efeito de variedade ocorreu na primeira e terceira rebrotas. Para o enxofre, os efeitos foram observados na cana-planta e primeira rebrota. Para o cálcio (Figura 7) (com exceção da variedade RB961552 no ciclo de primeira rebrota) e o magnésio (Figura 8), todas as variedades e em todos os ciclos tiveram teores foliares adequados, com base em Malavolta et al. (1997), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018).

A aplicação de calcário dolomítico, em quantidade estimada para elevar a saturação por bases no solo para 60% deve ter assegurado bom fornecimento de cálcio e magnésio. Em relação ao magnésio, o solo apresenta antes da calagem teor de  $0,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , muito próximo a  $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , nível crítico para esse elemento, conforme Oliveira et al. (2007), Raij (2011) e Oliveira et al. (2018). Brito (2018) em estudo em Boca da Mata – AL, em solo com teor de Mg igual a  $0,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usando as variedades RB867515 e RB92579, confirmam relatos de outros pesquisadores para os quais teores de Mg da ordem de  $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  são suficientes para uma adequada nutrição da cana-de-açúcar.

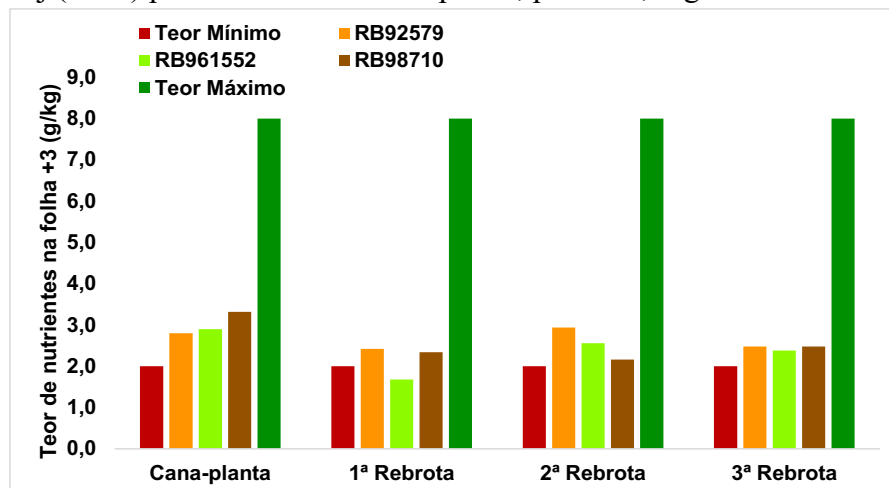
Houve deficiência de enxofre para a RB92579 e RB961552 no ciclo de cana-planta, e para as três variedades no ciclo de primeira e terceira rebrota (Figura 9). Silva (2013) e Faroni et al. (2009) relatam aumentos do teor foliar de enxofre nas rebrotas, devido ao decréscimo acúmulo de matéria seca, comparativamente à cana-planta. À semelhança dos comentários realizados para calagem, também não deveria ter ocorrido deficiência de enxofre em nenhum ciclo, pois houve aplicação de gesso em quantidade equivalente a 30% do calcário, seguindo-se recomendação de Oliveira et al. (2007) e Raij (2011).

Tabela 7 – Médias dos teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.

<b>Cálcio (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Variedade</b>	<b>Primeira Rebrota</b>	<b>Segunda Rebrota</b>
RB92579	2,42 b*	2,94 c
RB961552	1,68 a	2,56 b
RB98710	2,34 b	2,16 a
<b>Média</b>	2,15	2,55
Faixa de teores considerados adequados para o Ca: 2,0 a 8,0 g kg <sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar		
<b>Magnésio (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Variedade</b>	<b>Primeira Rebrota</b>	<b>Terceira rebrota</b>
RB92579	1,50 a	1,10 a
RB961552	1,66 b	1,64 b
RB98710	1,70 b	1,76 b
<b>Média</b>	1,62	1,50
Faixa de teores considerados adequados para o Mg: 1,0 a 3,0 g kg <sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar		
<b>Enxofre (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Variedade</b>	<b>Cana-planta</b>	<b>Primeira Rebrota</b>
RB92579	1,42 b	1,16 a
RB961552	1,24 a	1,08 a
RB98710	1,54 b	1,40 b
<b>Média</b>	1,40	1,21
Teores de referência para S: 1,5 a 3,0 g kg <sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar		

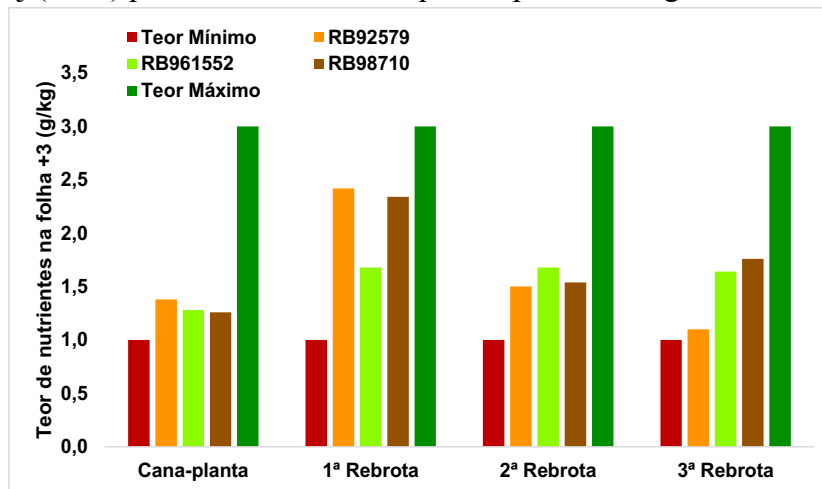
\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.  
Fonte: Autor

Figura 8 - Valores médios dos teores de Cálcio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



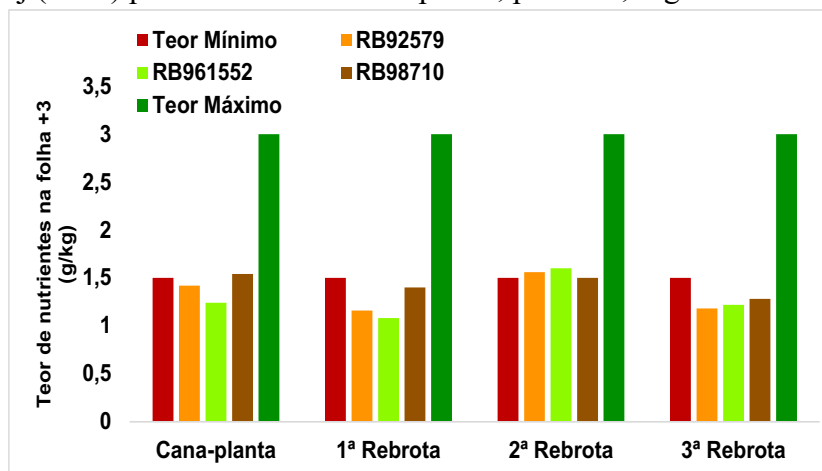
Fonte: Autor

Figura 9 - Valores médios dos teores de Magnésio na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



Fonte: Autor

Figura 10 - Valores médios dos teores de Enxofre na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



Fonte: Autor

As médias dos foliares de boro, ferro, manganês e zinco, nos ciclos em que se constatou efeito varietal, são apresentadas na Tabela 8. Somente para os teores de cobre não houve efeito varietal nos ciclos. Talvez a ausência de efeito varietal nos teores de cobre possa, em parte, ser explicada pelo alto coeficiente de variação nas concentrações de cobre no limbo foliar. Na média dos quatro ciclos o coeficiente de variação para o cobre foi de 15,75%, o maior entre os micronutrientes. Os teores foliares de manganês foram influenciados por variedade apenas na terceira rebrotas e, à semelhança do cobre, o coeficiente de variação pode ser um dos fatores

contribuiu para esse efeito. O coeficiente de variação para o manganês foi o segundo maior: 15,74%.

Tabela 8 – Médias dos teores foliares de boro, ferro, manganês e zinco, nos ciclos em que se constatou efeito varietal.

<b>Boro (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Variedade</b>	<b>Primeira Rebrota</b>	<b>Terceira Rebrota</b>
RB92579	14,24 b*	22,40 b
RB961552	10,46 a	16,40 a
RB98710	14,50 b	29,20 c
<b>Média</b>	<b>13,07</b>	<b>22,67</b>

Faixa de teores considerados adequados para B: 6,0 a 50,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar

<b>Ferro (mg kg<sup>-1</sup>)</b>			
<b>Variedade</b>	<b>Cana-planta</b>	<b>Segunda Rebrota</b>	<b>Terceira Rebrota</b>
RB92579	95,20 a	69,41 b	48,60 b
RB961552	99,20 a	57,23 a	39,20 a
RB98710	114,80 b	54,85 a	41,40 a
<b>Média</b>	<b>103,07</b>	<b>60,50</b>	<b>43,07</b>

Faixa de teores considerados adequados para Fe: 40,0 a 250,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar

<b>Manganês (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	
<b>Variedade</b>	<b>Terceira Rebrota</b>
RB92579	13,60 a
RB961552	16,60 b
RB98710	18,40 b
<b>Média</b>	<b>16,20</b>

Faixa de teores considerados adequados para o Mn: 25,0 a 250,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar

<b>Zinco (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Variedade</b>	<b>Cana-planta</b>	<b>Primeira Rebrota</b>
RB92579	12,2 a	11,00 a
RB961552	13,30 a	13,40 b
RB98710	16,40 b	13,80 b
<b>Média</b>	<b>14,00</b>	<b>12,73</b>

Faixa de teores considerados adequados para Zn: 10,0 a 50,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar

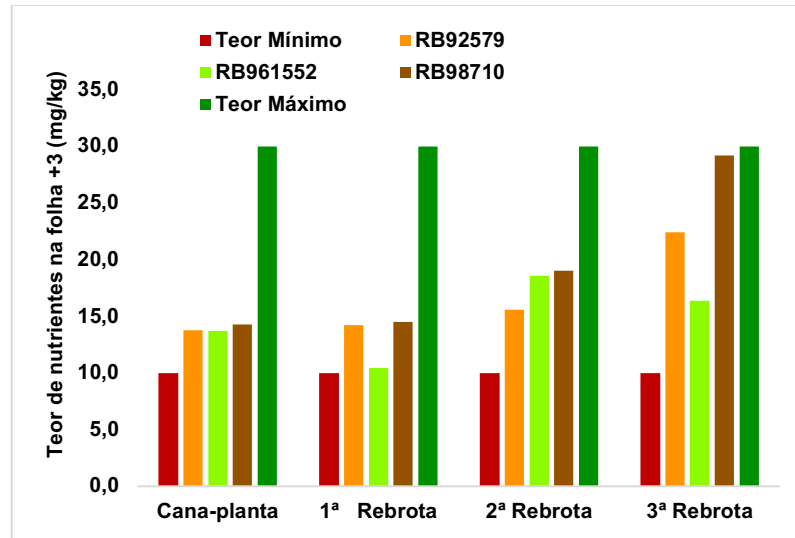
\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor

Nos quatro ciclos analisados a deficiência nutricional de micronutrientes ocorreu apenas para o cobre e o manganês (Figuras 10, 11, 12, 13 e 14). Oliveira et al. (2011b), comenta que os solos situados entre o nordeste de Minas Gerais e até o Rio Grande do Norte apresentam generalizada deficiência para esses nutrientes. O Cu e o Mn atuam como constituinte e ativador de diversas enzimas, entre eles a polifenol oxidase, enzima envolvida na síntese de lignina a partir de compostos fenólicos (TASSO JÚNIOR, 2007).

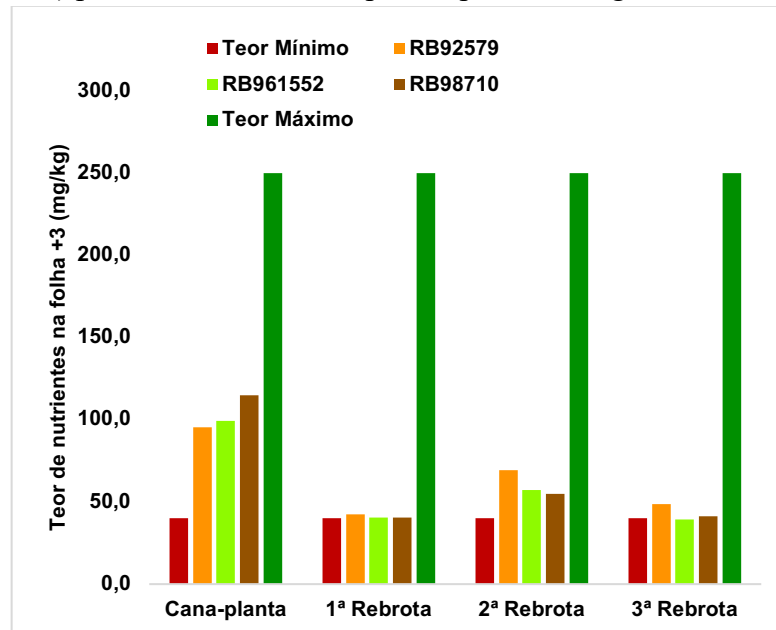


Figura 11 - Valores médios dos teores de Boro na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



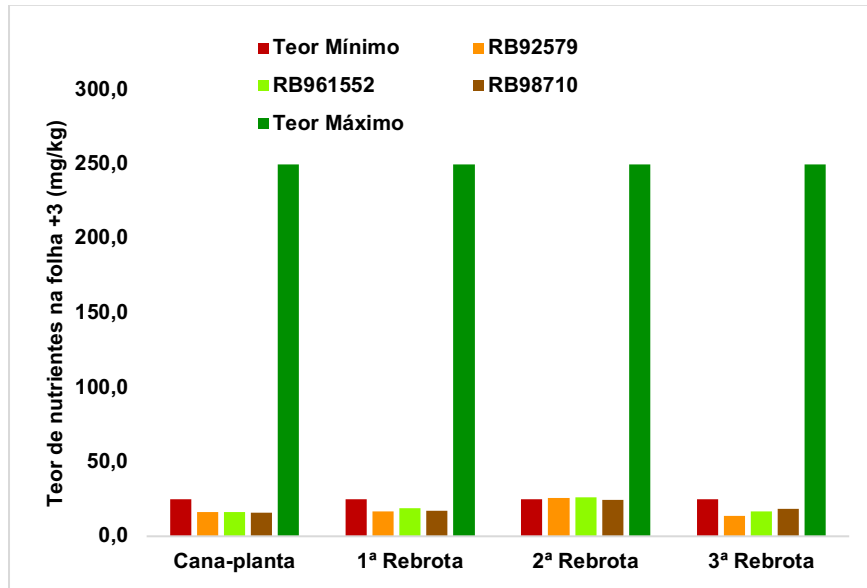
Fonte: Autor

Figura 12 - Valores médios dos teores de Ferro na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.



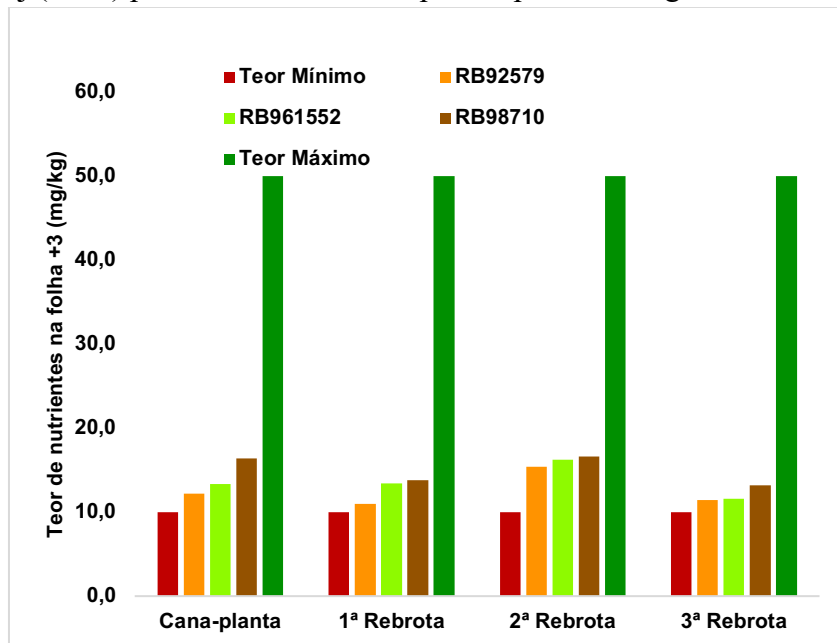
Fonte: Autor

Figura 13 - Valores médios dos teores de Manganês na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-plantada, primeira, segunda e terceira rebrotas.



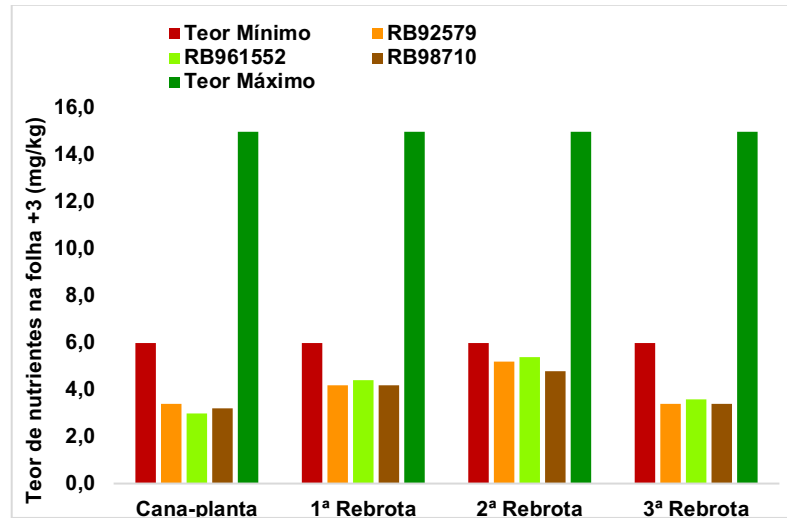
Fonte: Autor

Figura 14 - Valores médios dos teores de Zinco na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos e máximos citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-plantada, primeira, segunda e terceira rebrotas.



Fonte: Autor

Figura 15 - Valores médios dos teores de Cobre na folha +3 da cana-de-açúcar de três variedades, comparativamente aos valores mínimos\* e máximos\* citados por Malavolta et al. (1997) e Raji (2011) para os ciclos de cana-plantada, primeira, segunda e terceira rebrotas.



\*Faixa de teores considerados adequados para Cu: 6,0 a 15,0 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca do limbo foliar

Fonte: Autor

A diminuição da síntese de lignina devido a deficiência desses metais provoca acúmulo de fenóis que contribuem negativamente para a cor do caldo e dificulta o processo de fabricação de açúcar e de álcool (LEITE, 2000, OLIVEIRA et al., 2018). Na grande dos solos da região de Boca da Mata, o teor de cobre extraído com Mellich é inferior a 0,80 mg dm<sup>-3</sup>, valor crítico obtido por Marinho e Albuquerque (1981) em trabalhos conduzidos em Alagoas. No solo do presente estudo, para a grande maioria das parcelas, o teor de cobre extraído com Mellich foi inferior a 0,50 mg dm<sup>-3</sup> (dados não apresentados).

#### 4.2 QUALIDADE DO CALDO

Na Tabela 9 são mostrados os valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de tonelada de colmos industrializáveis por hectare (TCH), Total de Açúcares Recuperáveis por tonelada de colmos industrializáveis (ATR t<sup>-1</sup> de colmo), Total de Açúcares Recuperáveis por hectare (ATR ha<sup>-1</sup>), Sólidos Solúveis no caldo (Brix), Sacarose Aparente no caldo (Pol), Sacarose Aparente nos Colmos (PCC), Pureza do caldo (Pureza) e Fibras dos colmos (Fibra), de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-plantada, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Tabela 9 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de TCH, ATR t<sup>-1</sup> de colmo, ATR ha<sup>-1</sup>, Brix, Pol, PCC, Pureza e Fibra, de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Fonte de variação	GL	TCH	ATR t <sup>-1</sup> de colmo		ATR ha <sup>-1</sup>	
		-----Quadrado Médio-----				
Variedades (V)	2	784,4461**	850,8400**		20,6571**	
Ciclos (C)	3	8144,1549**	190,4172**		125,0100**	
Interação (V x C)	6	295,5452**	21,5784 <sup>ns</sup>		5,8905**	
Blocos	4	103,4855	100,3635		1,3622	
Resíduo	44	47,95048	40,5357		1,0483	
Média Geral:		87,2490	137,9963		11,9726	
C.V(%)		7,94	4,61		8,55	

Fonte de variação	GL	Brix	Pol	PCC	Pureza	Fibra
		-----Quadrado Médio-----				
Variedades (V)	2	21,49878**	19,0496**	9,8211**	14,8132 <sup>ns</sup>	2,8924**
Ciclos (C)	3	0,2629 <sup>ns</sup>	0,6734 <sup>ns</sup>	2,4171**	31,4254**	10,5068**
Interação (V x C)	6	0,5147 <sup>ns</sup>	0,5403 <sup>ns</sup>	0,2435 <sup>ns</sup>	1,0916 <sup>ns</sup>	0,0522 <sup>ns</sup>
Blocos	4	2,4669	2,4225	1,4006	2,1883	0,0453
Resíduo	44	0,6884	0,9532	0,4194	5,9463	0,2887
Média Geral:		20,3481	17,5681	14,0720	86,3100	13,9546
C.V(%)		4,08	5,56	4,60	2,83	3,85

ns, \*, \*\* representam respectivamente, não significativo, e significativo a 5,0; 1, % de probabilidade pelo teste F

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 9, observa-se que, à exceção da pureza do caldo, houve efeito significativo de variedades para todas as variáveis analisadas. Constatou-se também efeito de ciclo para TCH, ATR ha<sup>-1</sup>, PCC, pureza e fibra. Interação de variedades x ciclo foi observada apenas para TCH e ATR ha<sup>-1</sup> e os desdobramentos das variedades em cada ciclo serão apresentados a seguir. Para todas as variáveis analisadas o coeficiente de variação (C.V.%) foi pequeno e, para ATR t<sup>-1</sup> de colmos, Brix, POL, PCC, Pureza e fibra, o C.V. (%) foi inferior a 5%. Santos (2015) também observou baixa variabilidade nas variáveis associadas à qualidade dos colmos e do caldo, no estudo conduzido em Anadia, com as variedades RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212.

As médias de produção de colmos industrializáveis de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas, constam da Tabela 10. No ciclo de cana-planta houve destaque para a RB92579, que superou a RB961552 e a RB98710 em cerca de 20 t de colmos por hectare. Entretanto, a partir da primeira rebrota o potencial produtivo da RB961552 foi igual ao da RB92579. A produção total de colmos industrializáveis da RB961552, nos quatro cortes foi de 350 t, equivalendo a cerca de 94% da produção da

RB92579. A RB98710 teve produção acumulada de 324 t de colmos industrializáveis, o equivalente a 86,5% da produção da RB92579.

Tabela 10 - Médias da produção de colmos industrializáveis (TCH) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

<b>Variedade</b>	<b>Cana-planta</b>	<b>1ª Rebrotas</b>	<b>2ª Rebrotas</b>	<b>3ª Rebrotas</b>
RB98710	110,46 a*	88,21 a	71,32 a	53,60 a
RB961552	112,00 a	84,14 a	89,38 b	64,15 b
RB92579	133,10 b	82,90 a	88,98 b	68,70 b

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade  
Fonte: Autor

Uma das características da RB92579 é a alta produção de colmos em diferentes ambientes edafoclimáticos. Em pesquisa conduzida por Calheiros et al. (2012) com as variedades RB867615 e RB92579 no ciclo de cana-planta, na região da zona da mata alagoana, verificou-se produtividade média de colmos de 98,4 t ha<sup>-1</sup>, portanto, inferior ao observado na cana planta, no presente estudo. Bezerra et al. (2017), em avaliação realizada no semiárido de Pernambuco, relatam que a produtividade da RB98710 foi de 66,2 t de colmos industrializados por hectare, inferior a RB92579 com 72,65 t de colmos industrializados por hectare.

Em Nanuque, nordeste de Minas Gerais, Oliveira et al. (2014) verificaram produtividade de 130 t de colmos industrializáveis por hectare para a RB92579, mesmo potencial produtivo da RB867515. Dellabiglia et al. (2018) em estudo conduzido com a RB92579, em Jaú - SP, obtiveram produtividade de 140 t colmos industrializáveis por hectare, no ciclo de cana-planta. Segundo Oliveira et al. (2014) e Oliveira et al. (2018) as menores produtividades da cana-de-açúcar em Alagoas, comparativamente às verificadas para as mesmas variedades de cana-de-açúcar no centro-sul do Brasil devem ao fato da fase máxima de crescimento da cana no Nordeste ocorrer em dias curtos e, sendo assim, sob baixa luminosidade. A não coincidência da máxima disponibilidade hídrica com a luminosa influencia negativamente nas taxas fotossintéticas, resultando em menor produtividade em Alagoas, quando comparada ao Centro-Sul.

Na Tabela 11 estão apresentados os valores médios de ATR t<sup>-1</sup> de colmo, Brix, Pol, PCC, Pureza e Fibra, das três variedades de cana-de-açúcar; média dos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas. A RB98710, juntamente com a RB92579, foi a variedade com mais alto ATR t<sup>-1</sup> de colmo, Brix, Sacarose Aparente no caldo e Sacarose Aparente nos

Colmos. Para a pureza do caldo, não houve efeito entre as variedades, sendo de 86,28 o valor médio da pureza do caldo das três variedades. Santos (2015), em estudo conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA/UFAL), avaliando o potencial produtivo de variedades de cana-de-açúcar, relatou que a RB98710 e a RB92579 tiveram teores estatisticamente iguais para Brix, sacarose aparente e pureza do caldo. No ciclo de cana-planta o valor médio de Brix foi de 21,96%, sendo de 18,97% o percentual de sacarose aparente do caldo.

Tabela 11 - Valores médios de ATR t<sup>-1</sup> de colmo, Brix, Pol, PCC, Pureza e Fibra, de três variedades de cana-de-açúcar (Média dos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas) por três variedades de cana.

Variedade	ATR t <sup>-1</sup> de colmo	Brix	Pol	PCC	Pureza	Fibra
	(kg t <sup>-1</sup> )	.------(%)-----.				
RB98710	141,5 b*	20,94 b	17,94 b	14,40 b	85,68 a	14,08 b
RB961552	130,4 a	19,15a	16,45 a	13,26 a	85,95 a	14,25 b
RB92579	142,0 b	20,95 b	18,29 b	14,54 b	87,29 a	13,52 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Autor

Em relação a pureza do caldo, os percentuais obtidos, em torno de 86,30; caracterizam cana madura. Franco (2003) e Tasso Júnior (2007) citam como referência, pureza mínima de 80% em início de safra e 85% no transcorrer da safra para que seja recomendada a industrialização da cana. Em relação à fibra, para Fernandes (2000), o teor médio ideal deve situar-se entre 10 e 11%, entretanto na região nordeste devido à maior evapotranspiração por ocasião da colheita de cana o teor de fibra é mais alto (OLIVEIRA et al., 2011a; SILVA, 2013; BEZERRA et al., 2017).

Os valores do total de açúcares recuperáveis por hectare (ATR ha<sup>-1</sup>) das três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas, estão apresentados na Tabela 12. Houve destaque para a RB92579 em todos os ciclos. A produção acumulada da RB92579 nos quatro cortes foi de 52,58 t de ATR ha<sup>-1</sup>, sendo a produção acumulada da RB961552 e RB98710, respectivamente, de 45,46 e 45,60 t de ATR ha<sup>-1</sup>, assim, comparativamente à RB92579, a produção acumulada da RB961552 e RB98710 foi de 86%. Na literatura pesquisada não foram encontrados estudos envolvendo as três variedades em quatro ciclos, o que dificulta discussão comparativa à outras pesquisas.

Tabela 12 - Médias de total de açúcares recuperáveis por hectare (ATR ha<sup>-1</sup>) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

<b>Variedade</b>	<b>Cana-planta</b>	<b>1ª Rebrotas</b>	<b>2ª Rebrotas</b>	<b>3ª Rebrotas</b>
RB98710	15,13 a*	12,64 b	10,14 a	7,69 a
RB961552	14,14 a	10,81 a	11,92 b	8,59 a
RB92579	17,92 b	12,06 b	12,78 b	9,82 b

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Autor

Os resultados da análise para a qualidade dos colmos e do caldo, nos quatro cortes, considerando a média das variedades em cada corte, está apresentada na Tabela 13. Houve efeito significativo do ciclo para ATR t<sup>-1</sup> de colmos, Sacarose Aparente nos Colmos, Pureza e Fibra. A maturação da cana-de-açúcar e conseqüentemente a qualidade dos colmos e do caldo é muito influenciada pelas condições climáticas e disponibilidade hídrica no solo, ocorrentes na fase de maturação da cana.

Considerando que há forte influência dos fatores edafoclimáticos e práticas culturais, na qualidade dos colmos e do caldo, nas discussões comparativas a seguir, será tomado o estudo conduzido por Silva (2013), em Anadia, com a variedade RB92579. Silva (2013) verificou que o ATR foi maior no ciclo de cana-planta, com valor médio de 146,2 kg por t de colmos. Houve redução na cana de primeira rebrota, tendo obtido 129,93 kg por t de colmos. Entretanto na segunda rebrota o ATR aumentou para 140,63. Não foi verificado efeito de ciclo no valor de fibra nos colmos, sendo de 12,76; 13,46 e 14,91 o percentual médio de fibra nos colmos, respectivamente, na cana-planta, primeira e segunda rebrota. Para a sacarose aparente foram obtidos valores de 14,90; 16,04 e 17,78, sendo a concentração de sacarose aparente da segunda rebrota estatisticamente maior que a dos outros dois cortes.

Tabela 13 - Médias dos teores do Total de Açúcares Recuperáveis por Tonelada de Colmos Industrializáveis (ATR t<sup>-1</sup> de colmos) Sólidos Solúveis (Brix), Sacarose Aparente (Pol), Sacarose Aparente nos Colmos (PCC), Pureza do caldo (Pureza) e Fibras dos colmos (Fibra) de três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Ciclo	ATR t <sup>-1</sup> de colmo	Brix	Pol	PCC	Pureza	Fibra
	(kg t <sup>-1</sup> )	.------(%)-----.				
Cana-planta	132,702 a*	20,470 a	17,568 a	13,480 a	85,820 a	14,248 b
1ª Rebrotas	139,117 b	20,182 a	17,864 a	14,210 b	88,462 b	15,007 c
2ª Rebrotas	139,872 b	20,438 a	17,462 a	14,221 b	85,359 a	13,275 a
3ª Rebrotas	140,293 b	20,302 a	17,378 a	14,376 b	85,597 a	13,287 a

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Autor

#### 4.3 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES

Os valores do acúmulo de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio, na biomassa aérea das três variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas, estão apresentados na Tabela 14. Para variedades, ocorreu efeito significativo apenas para matéria seca. Por outro lado, observou-se efeito de ciclos para acúmulo de matéria seca e nutrientes, não havendo efeito interativo entre variedade e ciclo.

A cana-de-açúcar é conhecida uma cultura que produz grande quantidade de massa, extraído do solo e acumulando na planta grande quantidade de nutrientes. Diversos autores relatam que para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40 e 180 kg de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007; Raji 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Na Tabela 15 estão apresentados os valores do acúmulo de matéria seca e de nutrientes por ciclo.



Tabela 14 - Quadrados médios da análise de variância e médias dos acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P) e potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, nos ciclos de cana-plantar, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Fonte de variação	GL	Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K
		-----Quadrado Médio-----			
Variedades (V)	2	112510615,01**	10,3784 <sup>ns</sup>	29,3172 <sup>ns</sup>	670,2843 <sup>ns</sup>
Ciclos (C)	3	1,3169**	11472,48**	338,3583**	70276,45**
Interação (V x C)	6	20106225,94 <sup>ns</sup>	548,0986 <sup>ns</sup>	23,4052 <sup>ns</sup>	377,2391 <sup>ns</sup>
Blocos	4	5089189,98	178,8841	19,8403	5301,0711
Resíduo	44	12799071,10	284,6807	9,0598	1076,9776
Média Geral (kg ha <sup>-1</sup> )		30.649	95,4	14,9	204,2
C.V(%)		11,67	17,68	20,18	16,07

ns, \*, \*\* representam respectivamente, não significativo, e significativo a 5,0; 1, % de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor

Tabela 15 - Valores médios dos acúmulos de matéria seca (Ac. MS), nitrogênio (Ac. N), fósforo (Ac. P) e potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea das variedades de cana-de-açúcar RB92579, RB961552 e RB98710, nos ciclos de cana-plantar, primeira, segunda e terceira rebrotas.

Ciclo	Ac. MS	Ac. N	Ac. P	Ac. K
-----kg ha <sup>-1</sup> -----				
Cana-plantar	44.100 a*	119 a	17 a	299 a
1ª Rebrotar	24.927 b	59 b	10 b	167 b
2ª Rebrotar	29.934 c	115 a	20 c	208 c
3ª Rebrotar	23.634 b	90 c	12 d	143 b

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Fonte: Autor

Os maiores acúmulos de seca foram observados no ciclo de cana-plantar, da ordem de 44 t por hectare, ocorrendo decréscimo de 44% de produção de matéria seca da cana-plantar para a primeira rebrotar. Entretanto, a produtividade da cana de segunda rebrotar foi cerca de 20% maior que a da primeira rebrotar e, possivelmente esse acréscimo na produção esteve associado à maior disponibilidade hídrica para a cana, principalmente na fase de máximo crescimento. Talvez essa maior disponibilidade hídrica esteve associada à maior luminosidade. Oliveira et al. (2007) e Oliveira et al. (2018) citam decréscimos na produtividade da cana-de-açúcar, mas geralmente esses decréscimos são contínuos e não flutuantes como ocorreu neste estudo. Na média dos quatro cortes a produção de matéria seca da RB92579 foi de 33,2 t por hectare,

aproximadamente 13% a mais que a RB961552 e RB98710, que não diferiram entre si quanto ao acúmulo de matéria seca.

Nos estudos conduzidos em áreas comerciais, a ausência de acompanhamento muito refinado das condições micrometeorológicas e de disponibilidade hídrica no solo, dificulta ou impossibilita explicações cientificamente embasadas para os efeitos de flutuação na produção de matéria seca entre corte. Um fato bastante conhecido é o efeito da disponibilidade hídrica no vigor da rebrota, inclusive é usual em muitas usinas a “irrigação de salvamento”, realizada logo após o corte, visando assegurar rápida reposição dos nutrientes, proteínas e carboidratos mobilizados do sistema radicular, na fase inicial de rebrota da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2018).

Conforme mostrado na Tabela 15, a remoção de nutrientes pela RB92579, RB961552 e RB98710 foi muito grande. Os valores obtidos no presente trabalho são muito próximos aos relatados por Oliveira et al. (2011a), Calheiros et al. (2012), Silva (2013), todos conduzidos em regiões canavieiras de Alagoas. Assim, devem ser tomadas medidas e implementadas ações que contribuam para aumentar a ciclagem de nutrientes e diminuir perdas, além de melhorar a eficiência do uso da água da chuva e dos insumos utilizados na produção da cana, especialmente dos corretivos e fertilizantes químicos, visando maior lucro e preservação do meio ambiente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos quatro ciclos avaliados houve diferença entre as variedades quanto aos teores de nutrientes no limbo foliar, mas nenhuma das três variedades destacou-se generalizadamente para todos os nutrientes. Apenas para o cálcio, magnésio, boro, ferro e zinco constataram-se teores foliares adequados para todas as variedades, em todos os quatro ciclos.

Houve deficiência nutricional de cobre, em todas as variedades, nos quatro ciclos. Para o manganês, a deficiência nutricional ocorreu nos ciclos de cana-planta, primeira, segunda e terceira rebrotas, para todas as variedades. No ciclo de segunda rebrota os teores foliares de manganês estiverem muito próximos ao limite mínimo de suficiência: 25 mg por kg de matéria seca de limbo foliar.

Constatou-se efeito de variedade e de ciclos sobre a produção de colmos industrializáveis, ocorrendo decréscimo de produtividade ao longo dos ciclos. A quantidade total de colmos industrializáveis produzidos pelo RB92579, nos quatro ciclos, foi de 374 t por hectare. Comparativamente à RB92579, a produção de colmos da RB961552 e da RB98710 foi de 93,6 e 86,6%, respectivamente.

Em relação a qualidade do caldo, ocorreu efeito de variedade para produção de açúcares recuperáveis, sólidos solúveis, sacarose aparente nos colmos e fibra, assim, somente o percentual de pureza do caldo não foi influenciado por variedade.

Observou-se efeito de ciclo para TCH, ATR por t de colmos, ATR por hectare, sacarose aparente nos colmos, pureza do caldo e porcentagem de fibra nos colmos.

A quantidade total de açúcares recuperáveis produzidos pelo RB92579, nos quatro ciclos, foi de 52,58 t por hectare. Não houve diferença entre a RB961552 e a RB98710 quanto a produção de açúcares recuperáveis e, comparativamente à RB92579, a produção de açúcares recuperáveis foi de 87%.

A remoção de nutrientes pela RB92579, RB961552 e RB98710 foi muito grande, confirmando resultados de vários estudos conduzido em Alagoas, havendo, portanto, necessidade de implementar ações que contribuam para aumentar eficiência de insumos, da água da chuva e da terra, visando diminuir os custos de produção e aumentar a preservação do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. A. **Caracterização da cana-de-açúcar- perspectivas do setor sucroalcooleiro na região da Alta Noroeste Paulista**. Ilha Solteira: UNESP, 2004.
- ANDRADE, L. A. B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. G. (Edit.). **Produção de aguardente de cana**. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, p. 25–67, 2006.
- BARBOSA, M. H.P. et al. Variedades melhoradas de Cana – de - Açúcar para Minas Gerais. In: **Informe Agropecuário**, v. 28, n.239, 2007. Belo Horizonte. p. 20-24.
- BEZERRA, J. D. C.; FERREIRA, G. D. G.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, M. W.; ANDRADE, A. NASCIMENTO, J. R. S. Biometric and chemical characteristics of sugarcane varieties for use as forage in limiting soil water conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, 2017.
- BRAGA, R. L. C.; LANDELL, M. G. A.; SILVA, D. N.; BIDOIA, M. A. P.; SILVA, T. N.; TOMAZINHO, G. R.; SILVA V. H. P. Censo Varietal Iac No Brasil - Safra 2016/17 e na Região Centro-Sul – Safra 2017/18. **A/C Revista Canavieiros**. Sertãozinho – SP, fev. 2018, n. 140, 120 p.
- BRAIBANTE, M.; PAZINATO, M.; ROCHA, T.; FRIEDRICH, L.; NARDY, F. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química Nova Escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013.
- BRITO, F. S. **Adubação com magnésio, qualidade do caldo e produção de açúcar pelas variedades de cana RB867515 e RB92579**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.
- CAIONE, G. et al. Fontes de fósforo para a adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.66-73, 2011.
- CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M.W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; SANTIAGO, A.D.; ARISTIDES, E.V.S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 809-818, abr. 2012.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da Fertilidade do Solo. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 770 - 845.
- CASAGRANDE, A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991, 180 p.
- COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 24:32-36, 2006.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. v. 7 - Safra 2019/20, n. 3 dez. 2020, 62p.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R.A.; BARBOSA, G.V.S. **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de Ridesa**. Curitiba: Graciosa, 2015. 156 p.

DELGADO, A.; CÉSAR, M. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar e de cana**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 2., 1977.

DELLABIGLIA, W. J.; GAVA, G. J. C.; ARLANCH, A. B.; BOAS, R. L. V.; CANTARELLAS, H.; ROSSETTO, R. Produtividade de cana-de-açúcar fertirrigada com doses de N e inoculadas com bactérias diazotróficas. **Irriga**. Botucatu, v. 1, n. 1, p. 29-41, Edição Especial 30 anos PG Irriga, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, 2018. 306p.

FAQUIN, V. **Diagnose do Estado Nutricional das Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, p.77, 2002.

FARONI, C. E. et al. Estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar (cana-planta) em experimentos com <sup>15</sup>N. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1919-1927, 2009.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. STAB - Sociedade das Técnicos Açucareiro e Alcooleiros do Brasil. 2000. 193p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Org.). **Cana-de-Açúcar**. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas 2008, v. 1. p.31-44.

GELLHER, A. C. A; GARCIA, A. A. F.; MENDES, J. M. Variedades RB: comportamento de variedades comerciais na região norte do estado de São Paulo, três épocas de colheita. **Anais do 6º Congresso Nacional da STAB**. Maceió, 181- 187, 1996.

KANEKO, F. H. et al. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: o caso de um produtor rural. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.266-270, 2009.

LANDELL, M. G. A. et al. Potencialidade de novas variedades de cana. In: MARQUES, M.O. et al (Edit.). **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, p. 17-30. 2006.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para a produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M.G.A. (Org.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, v. 1, p. 697-722. 2008.

LEITE, R. A. **Compostos fenólicos do colmo, bainha, folha e palmito da cana-de-açúcar.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. 142 p.

LIMA, L. F.; BARBOSA, G.V.S. Interação de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com ambientes de cultivo na Usina Caeté. **In:** Anais 6º Congresso Nacional da STAB. Maceió, 1996. p.213-223.

LOPES, L. S. **Caracterização de ambientes em áreas com cana-de-açúcar da usina Paisa.** Rio Largo - AL – 2018. 47 (Trabalho de Conclusão de Curso - TCC em Agronomia). Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2018.

MAGALHÃES, J.V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantios de milho (*Zea mays* L.) submetidos a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva.** Dissertação de mestrado (Mestrado em solos e nutrição mineral de plantas) – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa: MG, 1996, 76p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações** (2ª Edição). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MANTELATTO, P. **Estudo do processo de cristalização de soluções empuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento.** Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MARINHO, M.L.; ALBUQUERQUE, G.A.C. **Efeito do cobre e do zinco na produção de cana-de-açúcar em solos de tabuleiros de Alagoas.** Brasil Açucareiro, v.98, p.41-50,1981.

MARTINS, N. G. S. **Os fosfatos na cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.” 2004. 99 p.

MENDES, A.; MOURA, M.; SILVA, G.; CARMO, J.; BRANDÃO, E. Acúmulo de nutrientes pela cana de açúcar irrigada cultivada no Semiárido Tropical brasileiro. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas, XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo. **Anais.** Guarapari: Espírito Santo. Set. 2010.

MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 46p. Dissertação (Mestrado.) – UFV/Viçosa, 2006.

NELSON, D.; COX, M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

OLIVEIRA, M. W., SILVA, V. S. G.; REIS, L. S.; OLIVEIRA, D. C.; SILVA, J. C. T. Produção e qualidade de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas no nordeste de Minas Gerais. **Ciência Agrícola**, v.12, p.9-16, 2014.

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

OLIVEIRA, M. W.; MACÊDO, G. A. R.; MARTINS, J. A.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, A. B. **Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane**. In: Alexandre Bosco de Oliveira. (Org.). *Sugarcane - Technology and Research*. 1ed. Londres: INTECH - Open Science, v. 1, p. 169-191, 2018.

OLIVEIRA, M. W.; MAGRINI, J. L.; LYRA, F.E.V.; VALDUGA, G. R., PEREIRA, M.G.; TENÓRIO, C. J. M.; ARISTIDES, E.V.S. Produção da RB867515 influenciada pela aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas. **STAB – Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v.30, n.22, p.30-33, 2011a.

OLIVEIRA, M. W.; SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, D. C.; SILVA, J. C. T., REIS, R. M. S. Produção e qualidade da forragem de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas pela adubação com cobre e manganês. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.14, n.2, p.165-168, 2012

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; HOFFMANN, H. P. **Liberção nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. 1. ed. Curitiba: Graciosa, 2015.

OLIVEIRA, T.B.A; SELIG P. M.; BARBOSA, V. M.; CAMPOS, L.M.S.; OLIVEIRA, M. W. Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **XII Congresso Internacional de Custos**. Punta del Este. Uruguay. 2011b. CD Room.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Instituto do Açúcar e do Alcool. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar. Planalsucar. 1983. 368 p.

PAYNE, J. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo, Nobel: STAB, p. 245, 1989.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

ROS, P.B. **Avaliação da resistência de variedades de cana-de-açúcar ao raquitismo da soqueira com base na taxa de colonização dos colmos por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli***. Dissertação (mestrado), Piracicaba/SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2004. 58 p.

SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. & ALVES, G.D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 9:33-38, 1985.

SANTOS, L. A.; SOUZA, J. E. A.; BARBOZA, A. S. R.; SILVA, V. S. G.; CLEMENTE, P. R. A. Potencial energético da biomassa de cana-de-açúcar em uma usina sucroenergética. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. p. 1101-1108, 2016.

SANTOS, M. A. L. S. **Balanço hídrico, crescimento e produtividade de genótipos RB de cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro na região de Rio Largo-AL**. Dissertação (Mestrado). Unesp: Botucatu, 2015 60 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; ARANTES, M.T.; PINCELLI, R.P. Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; ROSSETTO, R.; SORATTO, R.P. (org.). **Fenologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF – Fundação de Estudos Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2010. p. 8-21.

SILVA, V. S. G.; OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, D. C.; OLIVEIRA, T. B. A.; PEREIRA, M. G.; NOGUEIRA, C. H. C. Nutritional diagnosis of sugarcane varieties in a Yellow Oxisol during three agricultural seasons. **Afr. J. Agric. Res.**, 2017. p. 50-57.

SILVA, V.S.G.; OLIVEIRA, M.W.; FERREIRA, V. M.; OLIVEIRA, T.B.A.; SANTANA, M.B.; GALVÃO, E. R. Stalk yield and nutrients accumulation of sugarcane varieties in three crop cycles. **Revista de Ciências Agrárias**, 2018, 41(2): 415-423

SILVA, V. S. G. **Estado nutricional, qualidade industrial e produtividade de variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013. 64 p.

STUPIELLO, J. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, p. 30-51. 1987.

TASSO JÚNIOR, L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região centro-norte do Estado de São Paulo**. Jaboticabal: Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. FCAV/Unesp. 2007. 167 p.