



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



VINICIUS SANTOS GOMES DA SILVA

**ESTADO NUTRICIONAL, QUALIDADE INDUSTRIAL E PRODUTIVIDADE DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS CICLOS DE CANA-PLANTA,  
PRIMEIRA E SEGUNDA REBROTAS**

RIO LARGO - AL

2013

**VINICIUS SANTOS GOMES DA SIVA**

**ESTADO NUTRICIONAL, QUALIDADE INDUSTRIAL E PRODUTIVIDADE DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NOS CICLOS DE CANA-PLANTA,  
PRIMEIRA E SEGUNDA REBROTAS**

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

**Orientador:** Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Vilma Marques Ferreira

RIO LARGO - AL

2013

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos**

S586e Silva, Vinicius Santos Gomes da.  
Estado nutricional, qualidade industrial e produtividade de variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas / Vinicius Santos Gomes da Silva. – 2013.  
59 f. : il.

Orientador: Mauro Wagner de Oliveira.  
Coorientador: Vilma Marques Ferreira.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia : Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2013.

Bibliografia: f. 53-59.

1. Teor foliar e estado nutricional. 2. Cana-de-açúcar – Potencial produtivo. 3. Cana-de-açúcar – Acúmulo de nutrientes. 4. Fósforo inorgânico.  
5. Qualidade do caldo. I. Título.

CDU: 633.61:631.811

Dedico este trabalho aos meus pais Valdemy e Eliane, e à minha irmã Elaine, pelo amor, carinho e sobretudo por estarem sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me concedido o dom da vida.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira, pela oportunidade de fazer parte de sua equipe durante a minha graduação e pós-graduação e pelo exemplo de humildade, companheirismo e integridade. Meus sinceros e eternos agradecimentos.

À Prof. Dra. Vilma Marques Ferreira pela amizade e ensinamentos durante a minha vida acadêmica.

À Dra. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes, Dr. Cícero Alexandre Silva, Dr. Jorge Luis Xavier Lins Cunha pela colaboração neste trabalho.

Ao Sr. Manoel Gomes, pelo apoio na condução do estudo em campo.

Ao Sr. Geraldo Lima, secretário do curso de Mestrado pela cordialidade e presteza.

Aos amigos do laboratório de química agrícola José Cléber Tenório da Silva, Rayane Mery dos Santos Reis e Daniele Costa de Oliveira pelo companheirismo e presteza.

Aos amigos Paulo Ricardo Aprígio Clemente, Adriano Barbosa Moura, Edna Vieira dos Santos Aristídes, pela amizade construída ao longo da vida acadêmica.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste doutorado.

À Universidade Federal de Alagoas por me acolher como aluno desde o período da graduação.

À Usina Triunfo por cedido a área experimental para condução do estudo e pelo apoio na logística.

A todos que fizeram parte direta ou indiretamente da minha dissertação, muito obrigado.

## RESUMO

Avaliou-se o estado nutricional, o acúmulo de nutrientes, a qualidade do caldo e a produtividade de colmos e de açúcares das variedades de cana-de-açúcar: RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. O estudo foi conduzido no município de Anadia, agreste Alagoano em um latossolo amarelo distrófico. Antecedendo a implantação do estudo analisou-se o solo e aplicou-se calcário e gesso em quantidades suficientes para elevar a saturação por bases para 60%. Cerca de 60 dias após a aplicação do calcário e do gesso, início de setembro de 2009, implantou-se o estudo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 5 repetições. Adotou-se o controle químico de plantas daninhas e formigas cortadeiras e o biológico para broca da cana e cigarrinha. O estado nutricional foi avaliado na fase de crescimento máximo das plantas, no ciclo de cana-planta oito meses após o plantio, na primeira e segunda rebrotas aos seis meses após o corte da cana-planta, e primeira rebrota respectivamente. Quatorze meses após o plantio foram avaliados na cana-planta, o acúmulo de nutrientes, a produtividade de colmos e açúcares, e a qualidade do caldo. Nos ciclos de primeira e segunda rebrotas essas avaliações foram realizadas aos 12 meses após o corte respectivamente da cana-planta e primeira rebrota. Constatou-se diferença varietal quanto aos teores foliares de nutrientes, mas não houve nenhuma variedade com maior teor foliar para todos os elementos. O acúmulo de nutrientes foi semelhante para as quatro variedades no ciclo de cana-planta e primeira rebrota, enquanto a segunda rebrota apresentou diferenças de acúmulo de zinco e ferro na biomassa da parte aérea. Das variáveis de qualidade de caldo apenas fósforo inorgânico foi influenciado pelas variedades no ciclo de cana-planta. Nas rebrotas, somente o teor de fibra não apresentou efeito varietal. A VAT90212 apresentou maior teor de fósforo inorgânico nos três ciclos de cultivo com concentrações de 89; 73 e 111 mg dm<sup>-3</sup>, na cana-planta primeira e segunda rebrotas, respectivamente. As variedades não diferiram entre si quanto à produtividade de colmos industrializáveis e de açúcares, apresentando 126, 102 e 86 t ha<sup>-1</sup> de produtividade de colmos nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas, respectivamente.

**Palavras-chave:** Teor foliar. Potencial produtivo. Acúmulo de nutrientes. Fósforo inorgânico.

## ABSTRACT

Nutritional status, nutrient accumulation, juice quality and cane yield of four sugar cane varieties: RB867515, RB92579, SP813250 and VAT90212 were evaluated in three cycles: plant cane, first and second ratoon. This study was carried out in Anadia, Agreste region of Alagoas, on an oxisol. Before the implementation of this study, the soil in the experimental area was analyzed, in order to apply the correct amount of limestone and gypsum, aiming to raise the percent base saturation to 60%. The experiment was implemented 60 days after the application of limestone and gypsum, on September 2009. The experimental design used was a randomized block design with four treatments and five replications. The experimental area underwent a chemical control for weeds and ants plus a biological control for the sugarcane borer and leafhopper. Plant nutritional status was evaluated in the phase of maximum plant growth, in the cycle of plant cane eight months after the planting, in the first and second ratoon at six months after the plant cane harvest and in the first ratoon, respectively. Fourteen months after the planting, the following evaluations were made: nutrient accumulation, sugar production, stalk production and juice quality. In the first and second ratoon cycles, these evaluations were made 12 months after the harvest of plant cane and first ratoon, respectively. Statistical differences were found in varieties regarding the nutrient content, but there were not any varieties with maximum leaf nutrient content for all nutrients simultaneously. The nutrient accumulation showed a similar pattern for the four varieties in the cycle of plant cane and first ratoon, while the second ratoon showed statistical differences in the accumulation zinc and iron in the aboveground biomass. Regarding juice quality evaluation, only the amount of inorganic phosphorus showed statistical difference in the cycle of plant cane. On first and second ratoon, fiber content was the only variable with no statistical difference between varieties. VAT90212 showed the highest content of inorganic phosphorus in the three crop cycles, with 89, 73 and 111 mg dm<sup>-3</sup> in plant cane, first and second ratoons, respectively. The varieties did not differ statistically regarding the productivity of industrialized stalks and sugar, with 126, 102 and 86 t ha<sup>-1</sup> of stalk production in plant cane, first and second ratoons, respectively.

**Key-words:** Leaf content. Potential yield. Nutrient accumulation. Inorganic phosphorus.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual de variedades cultivadas no Brasil, safra 2012. ....	16
Figura 2 - Percentual de variedades cultivadas em Alagoas, safra 2012. ....	17
Figura 3 - Percentual das 10 variedades mais cultivadas no Brasil, safra 2012. ....	17
Figura 4 - Percentual das 10 variedades mais cultivadas em Alagoas, safra 2012. ....	18
Figura 5 - Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do estudo. ....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2, ou +3, da cana-de-açúcar consideradas adequadas.....	22
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 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos teores de macronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	32
Tabela 4 - Médias dos teores de macronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	33
Tabela 5 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos teores de micronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas .....	37
Tabela 6 - Médias dos teores de micronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	38
Tabela 7 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação do acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	40
Tabela 8 - Médias do acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	41
Tabela 9 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	44
Tabela 10 - Médias do acúmulo de micronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas. ....	45
Tabela 11 - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de fibra, sacarose aparente (Pol.), percentual sólidos solúveis (Brix),	

pureza, açúcares totais recuperáveis (ATR) e de fósforo inorgânico (Pi) no caldo no caldo quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.47

Tabela 12 - Médias de fibra, sacarose aparente (Pol.), percentual sólidos solúveis (Brix), pureza, açúcares totais recuperáveis (ATR) e de fósforo inorgânico (Pi) no caldo quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrota..... 48

Tabela 13 - Produtividade de colmos (TCH) e produtividade de açúcar (TPH) de quatro variedades de cana em três anos agrícolas ..... 51

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>CONAB</b>	—	Companhia Nacional de Abastecimento
<b>EMBRAPA</b>	—	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>IBGE</b>	—	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MAPA</b>	—	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>Pi</b>	—	Fósforo inorgânico
<b>POL</b>	—	Percentual de sacarose aparente
<b>TAR</b>	—	Toneladas de açúcar recuperável
<b>TCH</b>	—	Toneladas de cana por hectare
<b>TPH</b>	—	Toneladas de sacarose aparente por hectare
<b>UFAL</b>	—	Universidade Federal de Alagoas
<b>CTC</b>	—	Centro de Tecnologia Canavieira
<b>RIDESA</b>	—	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro
<b>IAC</b>	—	Instituto Agrônomo de Campinas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama atual da cana-de-açúcar</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Manejo varietal e ambiente de produção</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Práticas que melhoram o ambiente de produção</b> .....	<b>19</b>
2.3.1	Calagem.....	19
2.3.2	Gessagem .....	19
2.3.3	Adubação mineral.....	20
<b>2.4</b>	<b>Estado nutricional</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Acúmulo de nutrientes</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6</b>	<b>Produção de biomassa</b> .....	<b>23</b>
<b>2.7</b>	<b>Qualidade do caldo</b> .....	<b>24</b>
2.7.1	Teor de fibra .....	24
2.7.2	Teor de sacarose aparente .....	25
2.7.3	Teor de sólidos solúveis .....	25
2.7.4	Pureza.....	25
2.7.5	Teor de fósforo .....	25
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Implantação do estudo</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Variedades</b> .....	<b>28</b>
3.4.1	VAT-90122 .....	28
3.4.2	RB 92579.....	29
3.4.3	RB 867515.....	29
3.4.4	SP 813250 .....	29
<b>3.5</b>	<b>Estado Nutricional</b> .....	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Acúmulo de nutrientes, e produtividade de colmos e de açúcares</b> .....	<b>30</b>
<b>3.7</b>	<b>Qualidade do caldo</b> .....	<b>30</b>
<b>3.8</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>30</b>

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Estado Nutricional.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Acúmulo de nutrientes na biomassa .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b>Qualidade do Caldo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Produtividade de Colmos e Açúcares .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético do Brasil é um dos mais competitivos do mundo, devido principalmente ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia nacional para a produção de cana, extração e industrialização do caldo e uso dos resíduos sucroalcooleiros na adubação dos canaviais e geração de energia elétrica (MENDES, 2006; OLIVEIRA et al., 2007). Com a finalidade de elevar o rendimento da cultura da cana-de-açúcar e torná-la ainda mais competitiva, a pesquisa canavieira do Brasil têm recomendado diversas práticas agrícolas como a calagem, gessagem, adubação química, uso de composto orgânico e adubação verde (RAIJ, 2008; ROCHA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010a ; RAIJ, 2011; CALHEIROS et al., 2012). Outra prática de grande importância para o sucesso da lavoura canavieira é a escolha de variedades de cana-de-açúcar com grande eficiência nutricional e produtiva, se possível adaptadas a diferentes ambientes edofoclimáticos (MENDES, 2006; ALMEIDA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010a; CALHEIROS et al., 2011).

A eficiência nutricional é decorrente de diferenças na absorção, transporte e utilização dos nutrientes pela planta e está relacionada às características morfológicas e fisiológicas das variedades, tais como o diâmetro e o comprimento da raiz, a formação de pêlos radiculares e a relação superfície de raiz/ unidade de peso da parte aérea, associadas à cinética de absorção, incluindo a taxa de influxo de nutrientes, a constante de Michaelis-Menten e a concentração mínima, abaixo da qual não mais ocorre influxo líquido (MALAVOLTA et al., 1997; MARSCHNER, 2012). Uma variedade é considerada eficiente quando tem boa capacidade de absorver os nutrientes e utilizá-los na produção de açúcar (MENDES, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011).

Os fatores climáticos, especialmente volume e distribuição de chuvas tem grande impacto na disponibilidade de nutrientes, taxa de crescimento da cultura, eficiência nutricional, produção e qualidade do açúcar. Por esse motivo nos estudos de avaliação do potencial de produção da cana-de-açúcar é recomendável realizar as avaliações por mais de um ano, visando contemplar tanto as variações climáticas quanto aquelas decorrentes do envelhecimento da cultura (BACCHI, 1983; ANDRADE, 2006; ALMEIDA et al., 2008; BRININI, 2008).

Outra variável que deve ser avaliada nos estudos de eficiência nutricional e produtividade é a qualidade do caldo, especialmente os teores de sacarose e fósforo inorgânico (SIMIONI et al., 2006; CALHEIROS et al., 2012 ). A concentração de fósforo inorgânico (Pi) no caldo é importante porque durante a fabricação do açúcar o fósforo

inorgânico do colmo influencia na clarificação do caldo uma vez que o Pi adsorve várias impurezas contidas no mesmo e, os compostos formados nesta adsorção, por serem de baixa solubilidade, precipitam, facilitando sua separação da sacarose. (CALHEIROS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011b).

Ante ao exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar, no ciclo de cana-planta, primeira e segunda rebrotas o estado nutricional, o acúmulo de nutrientes, a qualidade do caldo, e a produtividade de colmos e de açúcares das variedades RB867515, SP813250, RB92579 e VAT90212.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Introduzida no Brasil pelos portugueses durante o período colonial, a cana-de-açúcar tornou-se uma das principais culturas da economia brasileira (FIGUEIREDO, 2008; MAPA, 2013). É uma planta perene e própria de climas tropicais e subtropicais pertencente à família *Poaceae* e ao gênero *Saccharum*. É uma cultura caracterizada por alto perfilhamento na fase inicial de crescimento, metabolismo fotossintético  $C_4$  e que demonstra uma elevada eficiência na conversão de energia luminosa em energia química (BACHI, 1983; OLIVEIRA et al., 2007; ALMEIDA et al., 2008; FIGUEIREDO, 2008).

### 2.1 Panorama atual da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar está entre as maiores culturas no Brasil, sendo a área cultivada inferior apenas a de soja e milho, uma vez que na safra 2012 a área plantada de cana foi de 9,1 milhões hectares, enquanto a área de soja e milho para a safra supracitada foi de 25 milhões e 15 milhões hectares respectivamente (IBGE, 2013).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com previsão do total de moagem para a safra 2013/2014 de 653,81 milhões de toneladas de cana. Este volume representa, para o setor sucroenergético, um incremento de 11,0 % em relação à safra 2012/2013, sendo que, do total produzido, 50,73% destinou-se à fabricação de açúcar e 49,27% à produção de etanol. O Estado de Alagoas encontra-se em sexto lugar na produção nacional, com uma média estimada em 23,3 milhões de toneladas de cana, sendo superado pelos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul com produção média de 360,7; 61,9; 61,3; 45,3 e 42,0 milhões de toneladas de cana, respectivamente (CONAB, 2013).

Alguns estudos indicam que o potencial biológico de produção da cana-de-açúcar ultrapassa  $300 \text{ t ha}^{-1}$  (LANDELL et al., 2006). A média de produtividade brasileira da safra 2012/2013 foi  $76,94 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto a de Alagoas apresentou  $63,80 \text{ t ha}^{-1}$  (IBGE, 2013), dessa maneira nota-se que a produtividade atual brasileira e alagoana, correspondem a menos de 25% do potencial biológico da cultura.

O setor sucroenergético é de grande importância socioeconômica para o Brasil representando 1,6% do produto interno bruto nacional, movimentando cerca de 60 bilhões de reais da safra de 2011. Dentro do setor agropecuário compreende uma das atividades que contribuem com maior geração de emprego cerca de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos (PROCANA, 2012).

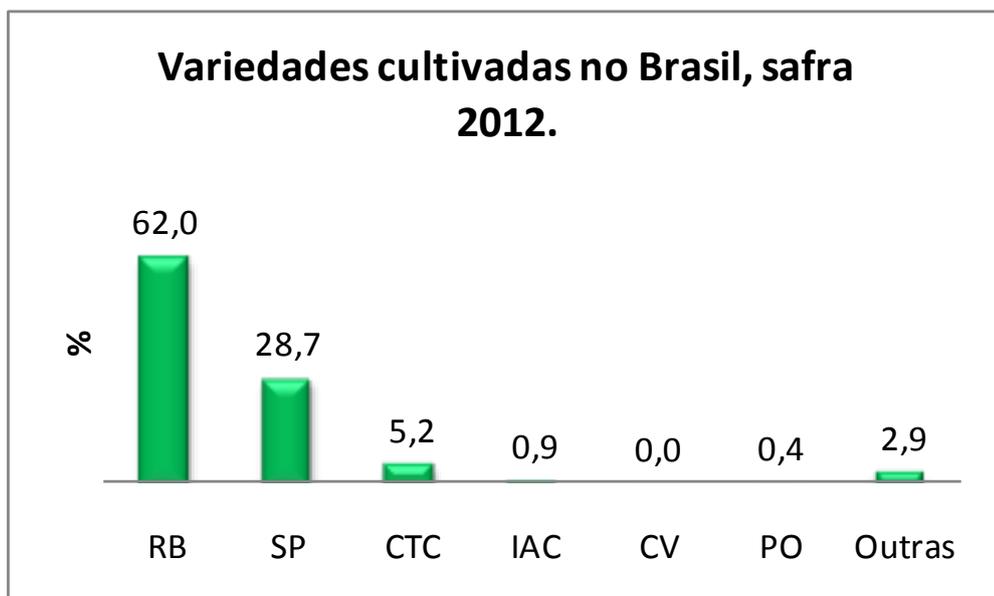
## 2.2 Manejo varietal e ambiente de produção

Na busca por incremento de produtividade dos canaviais um dos fatores agrônômicos que mais merecem destaque é a escolha de variedades, visto que esse fator pode ser considerado como uma prática tecnológica de baixo custo e grande importância no sistema de produção canavieiro (LIMA e BARBOSA, 1996; BARBOSA et al., 2007).

Os cultivares comerciais de cana plantados atualmente são híbridos oriundos de cruzamento entre espécies do gênero *Saccharum* (MATSUOKA et al., 1999), destacando-se a *Saccharum officinarum*, que até o começo do século XX era a espécie mais cultivada no mundo (LANDELL e BRESSIANI, 2008). Os híbridos atuais recebem uma nomenclatura específica, onde é informada a instituição responsável pelo cruzamento e seleção, o ano do cruzamento e o número específico do clone (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008). Conforme Bressiane et al. (2006), existem no Brasil quatro programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, sendo eles: Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), RIDESA (RB), Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e CANAVIALIS (CV).

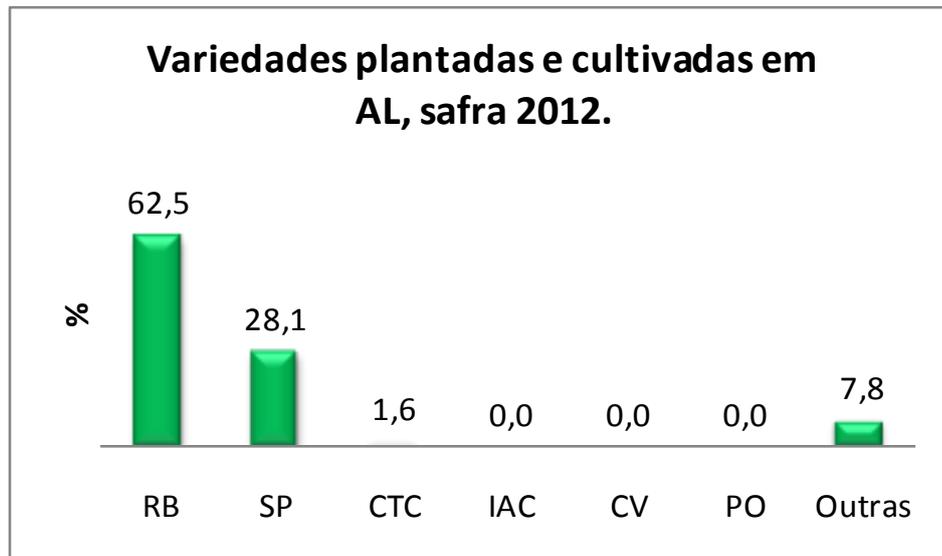
Nas figuras 1 e 2 são apresentadas as áreas cultivadas com as variedades RB, que na safra 2012 representaram para o Brasil e Alagoas 62 e 62,5%, respectivamente, da área cultivada (RIDESA, 2012).

**Figura 1** - Percentual de variedades cultivadas no Brasil, safra 2012.



Fonte: RIDESA (2012)

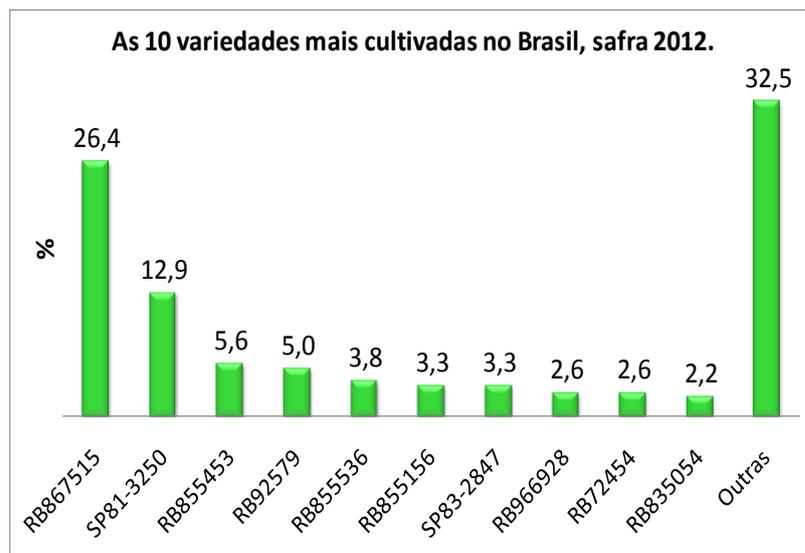
**Figura 2** - Percentual de variedades cultivadas em Alagoas, safra 2012.



Fonte: RIDESA (2012)

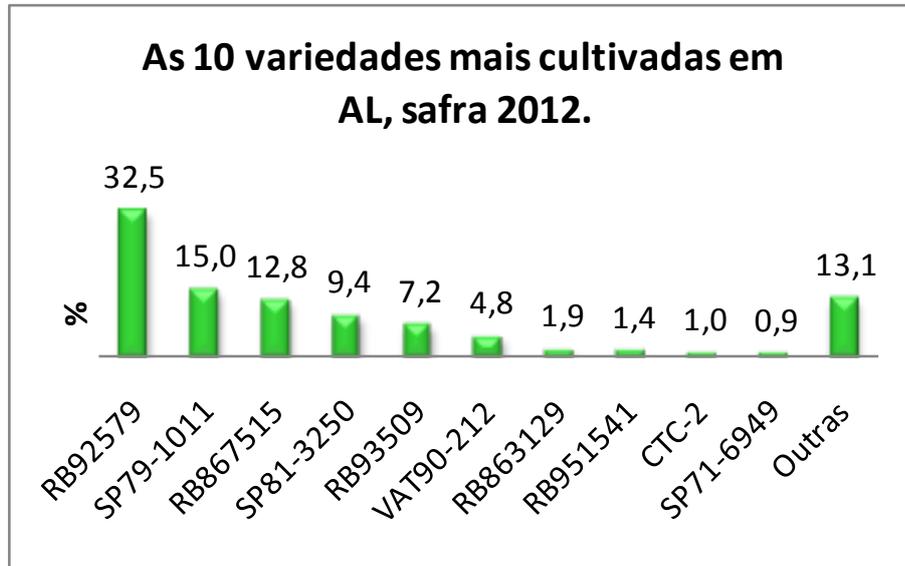
A classificação das 10 variedades com maior área cultivada no Brasil e Alagoas encontra-se nas figuras 3 e 4. Observa-se que em nível nacional a variedade RB867515 apresenta maior área cultivada com um percentual de 26,4%. Em Alagoas quem ocupa a maior área é a RB92579 com 32,5%.

**Figura 3** - Percentual das 10 variedades mais cultivadas no Brasil, safra 2012.



Fonte: RIDESA (2012)

**Figura 4** - Percentual das 10 variedades mais cultivadas em Alagoas, safra 2012.



Fonte: RIDESA (2012)

Para que a lavoura canavieira apresente bons níveis de produtividade, quer seja cultivada nas áreas tradicionais ou nas áreas em expansão, é de grande importância que haja a seleção e alocação das diferentes variedades de acordo com os ambientes de produção, os quais envolvem aspectos relacionados à qualidade dos solos e aos níveis esperados de produtividade (PRADO et al., 2008; DEMATTÊ e DEMATTÊ, 2009; CAVALCANTE e PRADO, 2010).

Segundo Demattê e Demattê (2009) o conceito de ambiente de produção está ligado à união de uma ou mais unidades de mapeamento de solo com potenciais de produção semelhantes, em associação com o clima e o manejo de variedades de um determinado local. Prado (2005) define que o ambiente de produção para cana-de-açúcar é função das condições químicas, físicas, hídricas, morfológicas e mineralógicas do solo em junção ao clima da região (precipitação pluvial, temperatura e radiação solar).

Sabe-se que a produtividade de uma cultura vai ser resultante da interação genótipo e ambiente, dessa maneira práticas agrícolas que melhoram o ambiente de produção contribuem para acréscimos de produtividade (BARBOSA et al., 2002; VASCONCELOS e GARCIA, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011 ).

## 2.3 Práticas que melhoram o ambiente de produção

Com a finalidade de elevar o rendimento da cultura da cana-de-açúcar e torná-la ainda mais competitiva, os produtores rurais têm escolhido uma série de técnicas agrícolas, que possibilitam a melhoria das propriedades físico-químicas do solo e permitem a sustentabilidade da cultura ao longo dos anos. Dentre estas práticas estão incluídas a calagem, gessagem, adubação química, adubação verde e uso de composto orgânico (DEMATTÊ, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2008; ROCHA et al., 2008; RAIJ, 2011).

### 2.3.1 Calagem

Os solos brasileiros em sua maioria apresentam restrições à implantação e desenvolvimento de grande parte das culturas como consequência dos efeitos da acidez. Essa por sua vez, geralmente está ligada à presença de Al em concentrações tóxicas e de baixos teores de cátions de caráter básico, como Ca, Mg e K (SOUZA et al., 2007; RAIJ, 2008). Dessa maneira a prática da calagem é de grande importância uma vez que proporciona a correção da acidez, neutralização do alumínio tóxico, fornece cálcio e magnésio, eleva a disponibilidade de alguns nutrientes, aumenta a atividade de microorganismos e a melhora a estrutura dos solos (BRADY, 1989; RAIJ et al., 2011).

Quanto à determinação da necessidade de calagem, existem vários métodos que podem quantificar a dose ideal do respectivo corretivo. De acordo com Raij et al. (1996), Souza et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011) os métodos mais usados no Brasil atualmente são: neutralização do alumínio e elevação de cálcio e magnésio; solução tampão SMP; elevação da saturação por bases. Destaque para o método de elevação da saturação por bases:  $NC (t ha^{-1}) = [(V_2 - V_1) \times T] / PRNT$ , onde NC = necessidade de calcário ( $t ha^{-1}$ );  $V_2$  = saturação por bases desejada ou final, para a cultura da cana-de-açúcar, que deve ser de 60%;  $V_1$  = saturação por bases atual do solo; T = capacidade de troca de cátions; PRNT = poder relativo de neutralização total (MORELLI et al., 1987; DEMATTÊ, 2005; OLIVEIRA et al., 2007; ROCHA et al., 2008; RAIJ, 2011).

### 2.3.2 Gessagem

De uma maneira geral, o calcário propicia a correção do volume de solo em que foi incorporado, dessa forma os benefícios proporcionados pela prática da calagem concentram-se na camada arável (RAIJ, 2008; RAIJ, 2011). Como opção de manejo para melhoria do ambiente de produção em profundidade tem-se utilizado a gessagem (RAIJ, 2008; RAIJ, 2011). Segundo Souza et al. (2007) o gesso é um produto que tem sido usado em solos ácidos

como um complemento ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade. A grande mobilidade vertical de cátions ocasionada pelo gesso deve-se a maior solubilidade ( $2,5 \text{ g L}^{-1}$ ) desse produto (SOUZA et al, 2007, RAIJ, 2008) em relação ao calcário, que segundo Alcarde (1992) corresponde a  $0,014 \text{ g L}^{-1}$ , a inalteração das cargas elétricas, e a permanência do ânion sulfato quase que totalmente na solução do solo (ERNANI et al., 2001; CAIRES et al., 2003).

Nos trabalhos com a utilização de gesso agrícola são propostos mecanismos de correção da acidez em profundidade que se baseiam na possibilidade do  $\text{SO}_4^{2-}$ , proveniente da solubilização do  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , movimentar-se no perfil do solo e acumular-se nas camadas mais profundas, neutralizando os efeitos nocivos do  $\text{Al}^{3+}$  pela formação de  $\text{AlSO}_4^+$  (SALDANHA et al., 2007; RAIJ, 2008).

Na cultura da cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2007) informam que as doses de gesso a serem aplicadas podem se basear na necessidade de calagem ou na textura do solo. A quantidade de gesso a ser aplicada tem variado de 25 a 30% da necessidade de calagem, multiplicado por um fator de correção de profundidade (perfil a ser corrigido/20).

### 2.3.3 Adubação mineral

O uso de fertilizantes tem possibilitado ganhos em produtividade, fazendo com que se necessite de áreas menores para a obtenção de uma mesma produção. Dentre as culturas de alta expressão em termos de extensões de áreas, a cana-de-açúcar ocupa o segundo lugar em consumo de fertilizantes, absorvendo cerca de 15% dos fertilizantes utilizados no Brasil (ANDA, 2005).

A adubação mineral com macro e micronutrientes despontou como uma grande alternativa, capaz de proporcionar altas produções mesmo em condições menos favoráveis de ambiente (MORELLI et al., 1992; BARBOSA et al., 2002; CALHEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2011). Fontes alternativas de nutrientes têm sido pesquisadas, havendo grande resposta da cultura à adubação química e orgânica (OLIVEIRA et al., 2007; CAIONE et al., 2011; CALHEIROS et al., 2012). Nos estudos conduzidos por Santos (2009) as fontes de fósforo influenciaram o rendimento agrícola da cana-planta sendo o superfosfato triplo a que apresentou melhor desempenho. E, conforme Otto et al. (2010) as doses de potássio favoreceram a altura e o perfilhamento da cana de açúcar, tanto para a aplicação única com, para a parcelada, evidenciando a grande importância da adubação para a cultura.

## 2.4 Estado nutricional

O solo é o meio principal para o crescimento das plantas, uma vez que é através dele que as plantas obtêm os elementos minerais essenciais de que elas necessitam para completar seu ciclo de vida. Quando o solo não é capaz de suprir as quantidades de nutrientes exigidos pela cultura haverá redução do crescimento e produção das culturas (MALAVOLTA et al., 1997; LOPES e GUILHERME, 2007, RAIJ, 2011).

A avaliação do estado nutricional das plantas visa à identificação dos nutrientes que estariam restringindo o crescimento e produção das culturas. A técnica consiste na comparação de uma planta, uma população de plantas ou uma amostra dessa população com um padrão da cultura em questão. O padrão seria uma planta “normal”, sem nenhuma limitação do ponto de vista nutricional e capaz de altas produções (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002). Os padrões nutricionais podem ser obtidos experimentalmente através de plantas cultivadas em condições controladas de nutrição não sofrendo restrições quanto à quantidade e proporção dos nutrientes que recebem ou em condições de campo apresentando alta produtividade (CANTARUTTI et al., 2007). Existem diversos métodos para avaliação do estado nutricional das plantas, sendo os principais a diagnose visual e a diagnose foliar, embora existam outros como os testes de tecidos, testes bioquímicos, aplicações foliares, teor de clorofila (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002; RAIJ, 2011).

A diagnose foliar tem sido utilizada com bastante frequência, devido ao fato das folhas serem o órgão da planta que melhor representam as variações do estado nutricional e por externar bem as variações no suprimento de nutrientes (CANTARUTTI et al., 2007). O método baseia-se na determinação do teor dos nutrientes em amostras de folhas. Nesta técnica, ao analisar quimicamente os elementos contidos em uma folha ou em parte dela, em determinada idade, obtém-se um diagnóstico do estado nutricional dessa planta (FAQUIN, 2002). Para a cultura da cana tem-se indicado para a diagnose foliar a utilização das folhas +3 (GALLO, 1962, MALAVOLTA et al., 1997, OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011).

A época de amostragem das folhas é um dos fatores que devem ser considerados na diagnose foliar, de uma maneira geral, tem sido recomendado para a cultura da cana a coleta das folhas na fase de crescimento máximo. As amostras devem ser compostas, coletando-se 100 folhas por talhão de 10 ha, devendo ser utilizado para as análises químicas o terço mediano da folha, excluída a nervura central (GALLO, 1962, MALAVOLTA et al., 1997, OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011). As amostras do terço médio das folhas +3 da cana devem ser inicialmente lavadas em água corrente, e depois em água destilada, posteriormente o material deve ser seco em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir massa constante.

Caso não seja possível a secagem, devem se enviar rapidamente as amostras para o laboratório onde serão analisados (MALAVOLTA et al., 1997, OLIVEIRA, 2007; ).

As análises realizadas por laboratórios devem ser interpretadas segundo o nível crítico e as 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 citadas as faixas de concentrações de nutrientes, consideradas adequadas para a cultura da cana-de-açúcar, conforme citação de Orlando Filho (1983), Malavolta et al., (1997) e Raij et al. (2011).

**Tabela 1** - Faixas de concentração de nutrientes no terço médio da folha +2, ou +3, da cana-de-açúcar 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 et al. (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 et al. (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.

## 2.5 Acúmulo de nutrientes

A exigência nutricional de uma cultura refere-se às quantidades de macro e micronutrientes que a planta retira do solo, adubo e do ar, para atender suas necessidades e completar seu ciclo de vida (COELHO e FRANÇA, 2001; FAQUIN e ANDRADE, 2004). Essas informações são de fundamental importância para o manejo racional da cultura, pois indicam as quantidades de nutrientes que devem ser fornecidos à cultura (COLETI et al., 2006).

Devido sua elevada produção de biomassa, a cana retira do solo e aloca na planta uma grande quantidade de nutrientes (OLIVEIRA et al. 2007). Para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na biomassa da parte aérea é de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de

nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Em relação aos micronutrientes, a quantidade extraída é de 300 g de B, 270 g de Cu; 8.900 g de Fe; 5.700 g de Mn e 720 g de Zn. Oliveira et al (2010c) avaliando a extração e a exportação de macronutrientes por 11 variedades de cana em um Argissolo Amarelo distrófico abrupto obteve para cada tonelada de colmo produzida uma extração de 0,91 kg de N; 0,13 kg de P; 1,71 kg de K; 1,18 kg de Ca; 0,44 kg de Mg. Coleti et al.(2006) estudaram a remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca pelas variedades RB835485 e SP813250 e observaram que as quantidades de macronutrientes removidas, pela cana planta e soca, foram, respectivamente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) : 109 – 83 de N, 24-22 de P, 144-140 de K, 13-12 de Ca, 23-22 de Mg e 26-16 de S.

Estudo realizado por Prado et al. (2002) em um Latossolo Amarelo Vermelho Distrófico mostrou que o acúmulo de nutrientes da parte aérea da primeira rebrota da variedade SP80-1842 apresentou a seguinte ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes:  $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$ . Por outro lado, Franco et al. (2007), trabalhando com a mesma variedade porém no ciclo de cana de planta verificou a seguinte ordem decrescente de nutrientes  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$ .

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

## 2.6 Produção de biomassa

A canavicultura brasileira tem apresentado uma produtividade média de matéria natural na biomassa da parte aérea da ordem de 80 a 100  $\text{t ha}^{-1}$ . No entanto através de um manejo adequado da planta e do ambiente de produção, podem-se alcançar produtividades superiores a 150 toneladas de biomassa por hectare (OLIVEIRA et al., 2007). Sob irrigação plena, a produtividade da cana pode ultrapassar a 200 toneladas anuais de matéria natural (OLIVEIRA et al., 2010c).

Conforme Mendes (2006) o teor de matéria seca na cana-de-açúcar tem variado de 24 a 32% da massa de matéria natural, dessa maneira o total de matéria seca pode ultrapassar 60  $\text{t ha}^{-1}$ . Oliveira et al. (2010b) em estudo de avaliação do crescimento e acúmulo de matéria seca em 11 variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena, verificaram que a RB92579 acumulou 97  $\text{t ha}^{-1}$  de matéria seca.

A matéria natural da cana-de-açúcar, por ocasião de colheita, é formada de colmos industrializáveis, folhas secas, folhas verdes e ponteiros. A massa de colmos industrializáveis tem oscilado em torno de 80 % (OLIVEIRA et al., 2007). De uma maneira geral a produção de biomassa obtida no centro-sul do Brasil é superior a observada no Nordeste, uma vez que no centro sul o aumento da luminosidade coincide com a maior disponibilidade hídrica, enquanto que no nordeste a fase de crescimento máximo da cana de açúcar ocorre em dias curtos e, portanto sob baixa luminosidade (OLIVEIRA et al., 2011b).

## 2.7 Qualidade do caldo

A cana-de-açúcar é considerada um composto bifásico sólido-líquido. A fase sólida corresponde à matéria seca do colmo. O caldo, principalmente os dos entrenós do colmo, constitui a fase líquida. A composição do caldo é influenciada, principalmente, pela variedade da cana-de-açúcar, tipo de solo, adubação, grau de maturação e condições climáticas (PAYNE, 1989; GELLER et al., 1996; MARTINS, 2004). A avaliação da qualidade do colmo da cana-de-açúcar de açúcar é realizada pela determinação dos teores de sólidos solúveis, sacarose e açúcares redutores no caldo da cana-de-açúcar, além da fibra (LANDELL et al., 2006; CAIONE et al., 2011; CALHEIROS et al., 2012).

Do esmagamento da cana, obtém-se o caldo que é constituído de 75 a 82% de água, 8 a 14% de fibra e 18 a 25% de sólidos solúveis, onde encontram-se os açúcares tais como sacarose (14 a 24%), glicose (0,2 a 1,0%) e frutose (0 a 0,5%), 0,8 a 1,8% de compostos orgânicos que não são açúcares e 0,2 a 0,7% de substâncias inorgânicas (FERNANDES, 2000; LAVANHOLI, 2008).

### 2.7.1 Teor de fibra

Conforme Fernandes (2000), fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. O autor ainda salienta que fibra botânica é aquela determinada quando a análise é realizada em colmos limpos (celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes da parede celular) e fibra industrial, quando o valor se refere ao resultado da avaliação da matéria-prima, incluindo, portanto, as impurezas ou matérias estranhas que provocam aumento dos sólidos insolúveis (folhas secas, folhas verdes, ponteiros da cana, plantas daninhas, terra, etc.)

A fibra constitui-se em matéria de grande importância na agroindústria canavieira. Sob o aspecto agrícola, as variedades mais ricas em fibra têm maior resistência ao tombamento, mesmo quando submetidas a despalha a fogo, e geralmente são mais resistentes à penetração

de pragas no colmo. Para a cana-de-açúcar é considerado ideal teores de fibras entre 11 e 13 % (FERNANDES, 2000; ANDRADE, 2006; LAVANHOLI, 2008).

#### 2.7.2 Teor de sacarose aparente

A sacarose aparente é a quantidade de sacarose presente em 100g de uma solução. Quanto maior o teor de sacarose mais madura está a cana-de-açúcar. Quando a cana-de-açúcar está imatura apresenta maiores quantidades de açúcares redutores e compostos precursores de cor que afetam negativamente a sacarose aparente. No setor sucroalcooleiro o teor de sacarose é referido como POL (FERNANDES, 2000; KANEKO et al., 2009; RAPASSI et al., 2009; SANTOS et al., 2011). A POL é uma das variáveis relacionadas a qualidade mais importantes para a indústria canavieira. Para RIPOLI e RIPOLI (2004), valores acima de 14% dão indicativo de matéria prima de boa qualidade.

#### 2.7.3 Teor de sólidos solúveis

Denominado de Brix no setor sucroenergético, o teor de sólidos solúveis representa a variável mais utilizada na indústria do açúcar e álcool e expressa o percentual de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada impura. Sua determinação se dá através de refratometria ou por densidade (FERNANDES, 2000; LAVANHOLI, 2008). O brix apresenta uma relação direta, com o teor de açúcares no caldo, de uma maneira geral sua concentração no caldo varia de 18-25%.

#### 2.7.4 Pureza

A pureza representa a quantidade de sacarose contida nos sólidos solúveis. Sendo um importante indicador da maturidade da cana-de-açúcar; quanto mais madura, maior o acúmulo de sacarose e conseqüentemente maior a pureza (FERNANDES, 2000; ANDRADE, 2006; LAVANHOLI, 2008). O envelhecimento da cana-de-açúcar provoca deterioração da sacarose e declínio da pureza. Alto índice de pureza é um prenúncio de facilidade na fabricação, melhor qualidade do açúcar e bons rendimentos industriais.

#### 2.7.5 Teor de fósforo

O fósforo é um macronutriente que apresenta grande importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que participa da composição estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos, fosfolípidios e adenosina trifosfato (MALAVOLTA

et al., 1997; TAIZ e ZEIGER, 2009; SANTOS et al., 2010). Na cana-de-açúcar, o P desempenha função-chave no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose (MARTINS, 2004).

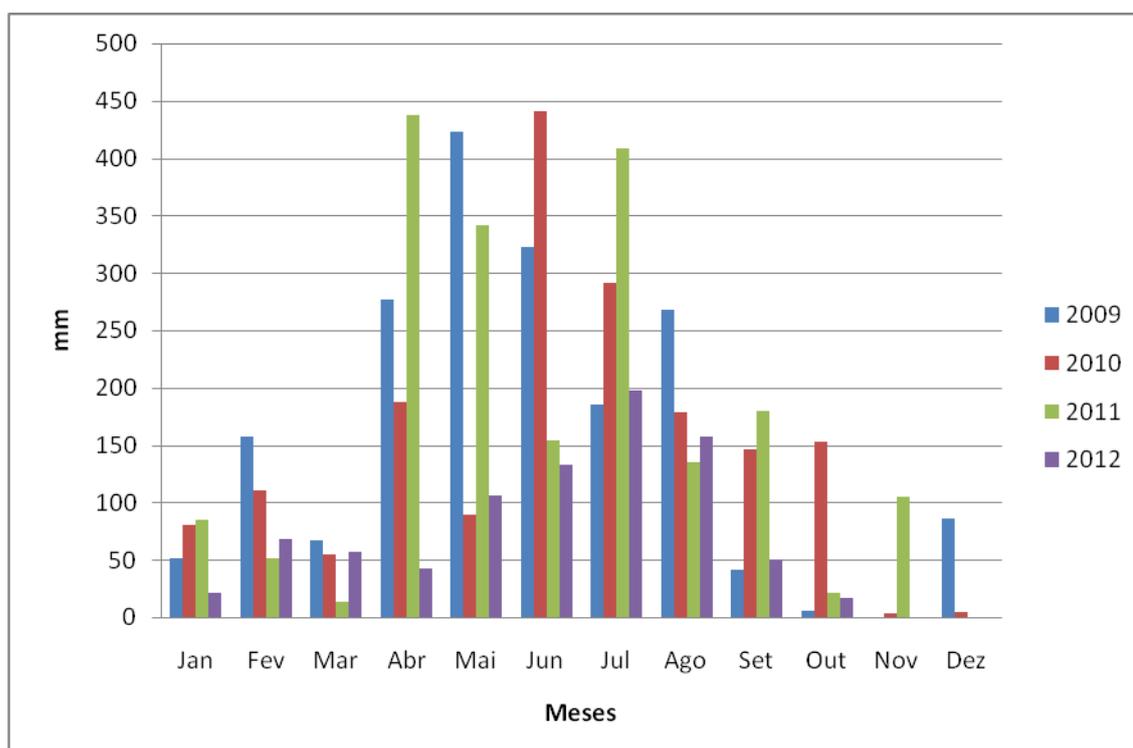
No caldo da cana de açúcar o fósforo está presente tanto na forma mineral como orgânica (CÉSAR et al., 1987; OLIVEIRA et al., 2011). Os compostos fosfatados são indispensáveis no processo de fabricação do açúcar; principalmente no processo de clarificação do caldo precipitando impurezas. Caldo com baixos teores de fósforo apresentam dificuldade em flocular, o que implica na produção de açúcar de pior qualidade, de menor valor comercial (CÉSAR et al., 1987; MARTINS, 2004; OLIVEIRA et al., 2011). Nos estudos conduzidos por Martins (2004) o teor de fósforo inorgânico no caldo variou de 25 a 46 mg L<sup>-1</sup>, representando aproximadamente 5% do total. César et al (1987) descreve que para que ocorra uma boa clarificação do caldo da cana, o teor de fósforo inorgânico deve ser superior a 100 mg dm<sup>-3</sup>.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi conduzida no município de Anadia, agreste Alagoano (Latitude 09°41'04''S e Longitude 36°18'15''W). Área experimental pertence à Usina Triunfo que está localizada no município de Boca da Mata - AL. O clima da área de estudo é tropical chuvoso, com verões seco, segundo classificação de Koppen, com precipitação média anual de 1200 mm (Figura 5) e temperatura média anual de 29°C. O relevo varia de plano a suavemente ondulado. O solo utilizado foi classificado como um Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2006)

**Figura 5** - Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do estudo.



Fonte: Autor, 2013.

#### 3.2 Implantação do estudo

Antecedendo a implantação do estudo foram coletadas amostras de solo da área experimental, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. De posse dos resultados da análise química dessas amostras de solo 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 Raji

(2008). Após a aplicação do calcário, a área experimental foi arada e gradeada, sulcando-se a seguir. A densidade de plantio oscilou em torno de 15 a 18 gemas por metro de sulco. Foram distribuídos no fundo do sulco nitrogênio, fósforo e potássio em doses equivalentes a 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado em setembro de 2009. As rebrotas foram adubadas com 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-05-25. Efetuou-se controle químico para plantas daninhas e formigas cortadeiras e controle biológico para broca da cana e cigarrinhas.

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

Prof	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T
-cm-		-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
00-20	5,9	103,0	40	1,8	0,8	0,0	3,80	2,70	6,5
20-40	5,0	21,6	20	0,6	0,3	0,6	4,62	0,95	5,57
Prof	t	V	m	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
-cm-	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----%-----		dag kg <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----				
00-20	2,70	42	0	1,8	2,5	75,6	9,7	1,1	0,4
20-40	1,55	17	39	0,8	0,4	53,4	0,3	0,2	0,3

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

Fonte: Autor. 2013.

### 3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados citado por GOMES (2009) e FERREIRA (2000), com cinco repetições. Cada bloco foi constituído de quatro parcelas, sendo cada parcela constituída de seis linhas de 10 metros de comprimento, no espaçamento de 1,00 metro, perfazendo assim uma área total da parcela de 60 m<sup>2</sup>, área do bloco de 240 m<sup>2</sup> e área total do experimento de 1.200 m<sup>2</sup>.

### 3.4 Variedades

O critério de escolha das variedades foi à representatividade da área de plantio. Em 2008 as áreas de plantio com a RB92579, RB867515, SP813250 e VAT90212 foram respectivamente de 28%, 10%, 10% e 7%.

3.4.1 VAT-90122 – Responsiva a água, produtiva, ereta, sendo indicada para colheita mecanizada. Ocupa cerca de 4,8% da cana plantada no Estado de Alagoas. O rendimento

apresenta uma variação de 80 a 120 toneladas de cana por hectare. É uma variedade que apresenta baixo índice de florescimento e resistência ao pisoteio (JORNAL CANA, 1998).

3.4.2 RB 92579 – É uma variedade com desenvolvimento lento, colmo de aspecto manchado, pouca cera, cor roxa ao sol e amarelo verde sob a palha, entrenós de diâmetro e comprimento médios; despalha difícil, gemas pouco salientes; folhas largas, com pontas curvas, ausência de joçal (RIDESA, 2010).

3.4.3 RB 867515 - Apresenta hábito de crescimento ereto e despalha fácil. O perfilhamento é médio com colmos de diâmetro médio e alta uniformidade. Os colmos possuem entrenós cilíndricos, de cor verde - arroxeados. A zona radicular é de largura média, sem enraizamento aéreo. As gemas são de tamanho médio do tipo pentagonal. A lígula tem formato crescente e o colarinho é triangular. (RIDESA, 2010).

3.4.4 SP 813250 - Hábito levemente decumbente, com pouco acamamento, despalha média, crescimento vigoroso, apresentando-se uniforme e alto perfilhamento. Os entrenós são de coloração verde-arroxeados. A zona radicular é de largura média, os poros radiculares são de cor roxa - amarelada, e sem enraizamento aéreo. As gemas são de tamanho médio com pouca saliência do tipo oval. As folhas são de largura média com poucos pêlos, sendo a copa volumosa. A forma do colarinho é curva, de cor verde. O florescimento é intenso apresentando uma isoporização média (COPERSUCAR, 1995).

### 3.5 Estado Nutricional

Na fase de crescimento máximo da cultura, nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrota, foram realizadas as coletas das folhas + 3, para avaliação do estado nutricional das plantas, seguindo-se métodos descritos por Malavolta et al. (1997) e Raji et al. (2011). As amostragens foram realizadas nos quatro sulcos centrais da parcela na cana-planta aos oito meses após o plantio (maio de 2010) e, nas rebrotas seis meses após o corte (junho de 2012 e 2013). O limbo foliar 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 colorimetria, 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 turbidimetria.

### **3.6 Acúmulo de nutrientes, e produtividade de colmos e de açúcares**

Por ocasião de maturação da cana foi realizada a colheita sendo avaliado o acúmulo de nutrientes na parte aérea das quatro variedades e também a produtividade de colmos industrializáveis e de açúcares. A colheita da cana-planta e da segunda rebrotas foram realizadas respectivamente nos meses de dezembro de 2010, 2011 e 2012. As amostragens foram realizadas nos quatro sulcos centrais da parcela. A cana foi cortada rente ao solo e após a determinação da matéria fresca, uma subamostra de toda a parte aérea 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 o teor de macro e micronutrientes, segundo método descrito por Malavolta et al. (1997).

### **3.7 Qualidade do caldo**

Para avaliação da qualidade do caldo coletou-se uma subamostra de 10 colmos industrializáveis, da amostra de colmos utilizada para avaliar a produtividade de colmos industrializáveis e de açúcares (item 3.6.) Os colmos industrializáveis foram passados em picadeira de forragem e prensados a 250 kgf. cm<sup>-2</sup>, por sessenta segundos (FERNANDES, 2000). O caldo obtido foi analisado quanto aos teores de sólidos solúveis, sacarose aparente, pureza e fósforo inorgânico seguindo-se métodos descritos por César et al. (1987) e Fernandes (2000).

### **3.8 Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2008), as variáveis submetidas à análise de variância pelo Teste F e para aquelas em que o F foi significativo, compararam-se as médias pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados do estado nutricional e posteriormente os de acúmulo de nutrientes na biomassa, qualidade do caldo e, produtividade de colmos e de açúcares.

### 4.1 Estado Nutricional

Os quadrados médios da análise de variância e o teste de média para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre no terço médio da folha +3 das variedades de cana-de-açúcar VAT90212, RB92579, RB867515 e SP813250, nos ciclos de cana - planta, primeira e segunda rebrotas, encontram-se nas Tabelas 3 e 4.

Para os teores foliares de nitrogênio, ocorreu efeito significativo das variedades, no ciclo de cana-planta e de primeira rebrota. Na cana-planta a variedade RB92579 apresentou maior teor foliar de N, as demais variedades não diferiram entre si. Comparando-se os teores foliares de N das quatro variedades no ciclo de cana-planta, com os relatados por Orlando Filho (1983), Malavolta et al. (1997) e Raij et al. (2011) verifica-se valores abaixo da concentração considerada adequada. Na primeira rebrota os maiores teores foliares foram observados respectivamente nas variedades RB92579 e SP813250. Nesse ciclo as quatro variedades situaram-se na faixa de concentração adequada citada por Orlando Filho (1983), Malavolta et al. (1997) e Raij et al. (2011). Na segunda rebrota, à semelhança da cana-planta, a média geral dos teores foliares de nitrogênio situou-se abaixo do adequado citado por Orlando Filho (1983), Malavolta et al. (1997) e Raij et al. (2011). Oliveira et al. (2007) comenta que o teor de nutrientes no limbo da folha +3 pode não se relacionar com a quantidade de nutrientes acumulado na biomassa da parte aérea. Quando a planta cresce mais e conseqüentemente acumula mais matéria seca, há uma diluição desses elementos na biomassa, inclusive nas folhas e, este efeito tem sido designado de “efeito diluição” (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007 ; RAIJ et al., 2011).

Nas áreas de reforma de canavial a aplicação de calcário e gesso e, o preparo do solo (aração e gradagem) aumentam a atividade microbiana do solo e há maior taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, especialmente dos restos culturais e rizomas do cultivo anterior. Assim, o teor de nitrato na solução do solo aumenta e esse aumento associado à alta disponibilidade de fósforo no solo, originário da fertilização, resulta em maior eficiência das plantas na absorção do nitrato (OLIVEIRA et al., 2007 ; RAIJ et al., 2011).

**Tabela 3** - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos teores de macronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Nitrogênio		
Variedades	3	3,36**	9,07**	1,56 <sup>ns</sup>
Blocos	4	2,91	0,81	5,48
Resíduo	12	0,51	1,73	1,43
C.V(%)		5,35	7,25	8,13
		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Fósforo		
Variedades	3	0,21**	0,39**	0,03**
Blocos	4	0,02	0,02	0,008
Resíduo	12	0,02	0,03	0,005
C.V(%)		10,14	8,58	5,06
		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Potássio		
Variedades	3	1,97*	1,58 <sup>ns</sup>	1,09*
Blocos	4	2,61	1,63	1,17
Resíduo	12	0,58	0,92	0,40
C.V(%)		8,84	10,49	8,27
		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Cálcio		
Variedades	3	1,00*	0,14 <sup>ns</sup>	0,42**
Blocos	4	0,32	0,29	0,25
Resíduo	12	0,14	0,23	0,04
C.V(%)		10,62	10,29	6,89
		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Magnésio		
Variedades	3	1,62**	2,69**	1,52**
Blocos	4	0,08	0,15	0,15
Resíduo	12	0,11	0,17	0,04
C.V(%)		10,30	12,83	9,81
		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Enxofre		
Variedades	3	0,13*	0,08 <sup>ns</sup>	0,47**
Blocos	4	0,01	0,008	0,054
Resíduo	12	0,04	0,02	0,029
C.V(%)		15,36	9,03	10,09

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

Fonte: Autor, 2013

**Tabela 4** - Médias dos teores de macronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

Variedade	Ciclo de cultivo		
	Cana-planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	13,24 a	17,51 a	14,86 a
SP813250	13,70 a	19,35 b	14,20 a
RB867515	13,92 a	16,64 a	14,39 a
RB92579	15,16 b	19,16 b	15,46 a
Média	14,0	18,14	14,73
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	1,68 b	2,36 b	1,60 b
SP813250	1,88 b	2,54 b	1,54 b
RB867515	1,44 a	2,00 a	1,40 a
RB92579	1,46 a	1,96 a	1,46 a
Média	1,61	2,21	1,50
Potássio (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	9,76 b	8,88 a	8,00 b
SP813250	8,40 a	8,80 a	8,00 b
RB867515	8,72 a	8,96 a	7,04 a
RB92579	8,48 a	10,00 a	7,92 b
Média	8,84	9,16	7,74
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	3,08 a	4,68 a	3,30 b
SP813250	3,94 b	4,84 a	3,26 a
RB867515	3,44 a	4,50 a	3,52 b
RB92579	4,04 b	4,86 a	2,82 a
Média	3,62	4,72	3,22
Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	3,52 b	3,60 b	2,56 c
SP813250	3,42 b	3,34 b	1,96 b
RB867515	3,64 b	3,80 b	2,66 c
RB92579	2,40 a	2,16 a	1,48 a
Média	3,24	3,22	2,16
Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	1,24 a	1,92 b	1,70 a
SP813250	1,50 b	1,74 a	1,52 a
RB867515	1,54 b	1,90 b	2,14 b
RB92579	1,24 a	1,64 a	1,46 a
Média	1,38	1,80	1,70

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

Fonte: Autor, 2013

Magalhães (1996) mostrou que a absorção e translocação do nitrogênio por plantas de milho são muito influenciadas pela disponibilidade endógena de fósforo. Plantas com maior disponibilidade endógena de fósforo tem menor Km (constante de Michaelis-Mentem) para

nitrogênio e maior na taxa de influxo (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007; MARSCHNER, 2012).

Os teores de P na folha foram influenciados pelas variedades, nos três ciclos de cultivo (Tabelas 3 e 4). A VAT90212 e a SP813250 tanto no ciclo de cana-planta, quanto na primeira e segunda rebrotas apresentaram teores foliares de P maior que a RB867515 e RB92579. Fazendo-se uma média, para cada ciclo, dos teores foliares de P da VAT90212 e da SP813250 e, comparando-os também com uma média dos teores foliares de P da RB867515 e RB92579, constata-se que no ciclo de cana-planta e primeira rebrota os dos teores foliares de P da VAT90212 e da SP813250 foram cerca de 20% maiores, mas na segunda rebrota decaiu para 10% a mais.

Considerando a alta disponibilidade de P no solo, que apresentou na camada de 0 a 20 cm  $103 \text{ mg dm}^{-3}$  de fósforo, extraído com Melhich 1 (Tabela 2), 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 ficaram no limite mínimo estabelecido por Raij (2011), mas abaixo do preconizado por Orlando Filho (1983) e Malavolta et al. (1997).

Em estudo conduzido na Usina Triunfo, com a RB867515 no ciclo de primeira rebrota, em solo com alto teor de P (valores médios de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  de fósforo, extraído com Melhich), Oliveira et al. (2011) constataram teores foliares de P inferiores a  $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ , caracterizando segundo Orlando Filho (1983) e Malavolta et al. (1997) 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 inferiores a  $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ , Oliveira et al. (2011) indagaram se os valores de referência de Orlando Filho (1983) e Malavolta et al. (1997), estariam adequados para a avaliação do estado nutricional dos canaviais de Alagoas.

Ocorreu diferença significativa para os teores foliares de potássio nos ciclos de cana-planta e segunda rebrota (Tabelas 3 e 4). No ciclo de cana-planta o teor foliar de potássio na VAT 90212 foi cerca de 15% maior que nas demais variedades. Entretanto, na segunda rebrota o teor de K da RB867515 foi inferior ao das demais em 13%. Nos três ciclos de cultivo os teores foliares encontram-se abaixo da faixa de suficiência citada por Malavolta et al., (1997) e Raij et al. (2011), porém em concentração adequada quando se toma como referência os valores relatados por Orlando Filho (1983), uma vez que para este autor o teor mínimo adequado seria de  $6,0 \text{ g de K por kg de matéria seca}$ . Mendes (2006) avaliando a eficiência nutricional de oito variedades de cana nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota obteve teores médios de K de  $14,00$  e  $10,19 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente tais valores são 36 e 11 %

superiores aos encontrados no presente estudo. Entretanto, em lavoura de alta produtividade, em Boca da Mata/AL, Oliveira et al. (2011) observaram teores foliares de 7,5 g de K por kg de matéria seca na folha +3 da RB867515.

Houve efeito de variedade nos teores foliares de cálcio, nos ciclos de cana-planta e segunda rebrota (Tabelas 3 e 4). Os teores foliares, nos três ciclos, ficaram abaixo da faixa adequada relatada por Malavolta et al. (1997) e Cantarutti et al. (2007). Na primeira rebrota os teores foliares encontram-se na faixa considerada adequada por Orlando Filho (1983) e Raij et al. (2011): 2,0 a 8,0 g de cálcio por kg de matéria seca na folha +3. Uma vez que o solo recebeu aplicação de calcário dolomítico em quantidade suficiente para elevar a saturação de bases para 60%, utilizando-se uma vez e meia a quantidade de calcário predita analiticamente (OLIVEIRA et al., 2007) e, pelas análises de solo realizadas em cada parcela após a implantação do estudo (dados não apresentados) constatou-se que a saturação foi elevada para 60% ou mais, portanto não deveria ter ocorrido suprimento inadequado de cálcio.

Os teores médios de cálcio na folha +3, no ciclo de cana-planta, são próximos dos citados por Faroni et al. (2009) e Oliveira et al. (2011). Na primeira rebrota observou-se um teor médio de 4,72 g kg<sup>-1</sup>, inferior ao obtido por Rozane et al. (2008) que obteve para a primeira soca de SP791011 um teor de 5,6 g kg<sup>-1</sup>. Na segunda rebrota os teores foliares de cálcio foram semelhantes aos citados por Prado e Pancelli (2008) em estudos conduzidos na região de Jaboticabal/SP.

Os teores foliares de magnésio foram influenciados pelas variedades nos três ciclos. Os valores obtidos estão dentro da faixa adequada de acordo com Orlando Filho (1983), os teores médios da cana-planta e primeira rebrota se comparado aos valores citados por Malavolta et al. (1997) e Raij et al. (1996) encontram-se acima da faixa de concentração indicada. A variedade RB92579 apresentou menores concentrações em todos os ciclos de cultivo estudados. Na cana-planta os resultados obtidos foram superiores aos observados por Prado et al. (2002) e Píperas et al. (2009). Na primeira rebrota os teores foliares foram 28% maiores do que os observados por Mendes (2006). Na segunda rebrota o teor foliar médio de Mg foi semelhante ao obtido por Prado e Pancelli (2008).

Ocorreu diferença significativa entre as variedades em todos os ciclos, para teores foliares de enxofre (Tabelas 3 e 4). Os teores médios nos três ciclos encontram-se abaixo dos teores indicados por Malavolta et al. (1997), mas dentro da faixa recomendada por Orlando Filho (1983). Os teores foliares de S na cana-planta foram semelhantes aos observados por Faroni et al. (2009), mas nas rebrotas esses teores se elevaram, talvez tenha ocorrido “efeito diluição” na cana-planta. À semelhança dos comentários realizados para calagem, também

não deveria ter ocorrido deficiência de enxofre, pois houve aplicação de gesso em quantidade equivalente a 30% do calcário, seguindo-se recomendação de Oliveira et al. (2007) e Raij (2008). Pelas análises de solo realizadas em cada parcela após a implantação do estudo (dados não apresentados) constatou-se que tanto na camada de 0 a 20 cm, quanto de 20 a 40 cm, o teor de enxofre era superior  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ . Vitti (1989) compilou dados de pesquisas no Brasil e encontrou níveis críticos variando de 1,2-12  $\text{mg dm}^{-3}$  para o extrator fosfato monobásico dissolvido em ácido acético ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  em HOAc) e valores um pouco superiores, 7-17  $\text{mg dm}^{-3}$  de S extraídos com o  $\text{NH}_4\text{OAc}$  em HOAc. Assim, o referido autor elaborou uma tabela expedita (aproximativa) para interpretação dos teores de S disponível no solo, considerando como adequados teores maior do que  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  para o fosfato monocálcico e maior do que  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  para acetato de amônio, respectivamente.

Os teores médios de macronutrientes no terço mediano da folha +3 das variedades VAT90212, RB92579, RB867515 e SP83250 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas apresentaram a seguinte ordem decrescente de concentração: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, coincidindo com citação de Prado et al. (2002), Prado e Pancelli (2008) e Oliveira et al. (2011). Entretanto, para o ciclo de cana-planta, há relatos de maior teor foliar de potássio do que nitrogênio (MENDES, 2006).

Os quadrados médios da análise de variância e o teste de média para os teores de zinco, ferro, manganês, cobre e boro no terço médio da folha +3 das variedades VAT90212, RB92579, RB867515 e SP813250 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas encontram-se nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

No ciclo de cana-planta ocorreu diferença significativa entre as variedades apenas para os teores foliares de zinco. Na primeira rebrota houve efeito varietal para cobre e, na segunda rebrota constatou-se diferenças significativas para manganês e boro. Baseando-se na compilação realizada por Mendes (2006) e Oliveira et al. (2007), os menores valores dos teores foliares de micronutrientes considerados adequados são de 6,0; 9,0; 40,0; 25,0 e 10,0  $\text{mg kg}^{-1}$  para boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. Assim, as variedades de cana do presente estudo no ciclo de cana-planta estariam com suprimento adequado de boro, ferro e zinco, enquanto para o manganês somente a VAT90212 estaria sem deficiência. Na primeira e na segunda rebrota ocorreu deficiência generalizada para os micronutrientes de acordo com os valores de referência de MALAVOLTA et al. (1997).

A deficiência de cobre tem sido observada de forma generalizada em muitas lavouras de cana do nordeste de Minas Gerais ao Rio Grande do Norte (OLIVEIRA et al., 2011). Na grande maioria desses solos o teor de cobre extraído com Melhich é inferior a  $0,80 \text{ mg dm}^{-3}$ ,

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 Melhich foi inferior a  $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$  (dados não apresentados).

**Tabela 5** - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação dos teores de micronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas

Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Quadrado Médio		
			Zinco	
Variedades	3	11,53*	2,00 <sup>ns</sup>	6,58 <sup>ns</sup>
Blocos	4	9,67	2,32	2,70
Resíduo	12	2,57	0,62	8,66
C.V(%)		11,22	5,90	21,57
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Quadrado Médio		
			Ferro	
Variedades	3	3499,51 <sup>ns</sup>	40,73 <sup>ns</sup>	64,85 <sup>ns</sup>
Blocos	4	5202,25	131,42	67,07
Resíduo	12	3327,68	65,19	57,97
C.V(%)		96,55	13,93	15,18
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Quadrado Médio		
			Manganês	
Variedades	3	56,18 <sup>ns</sup>	69,60 <sup>ns</sup>	122,73**
Blocos	4	166,70	420,20	170,42
Resíduo	12	18,93	69,43	17,85
C.V(%)		18,63	23,41	17,11
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Quadrado Médio		
			Cobre	
Variedades	3	0,20 <sup>ns</sup>	2,13*	0,400 <sup>ns</sup>
Blocos	4	0,70	0,57	0,250
Resíduo	12	0,36	0,34	0,316
C.V(%)		28,83	8,86	14,07
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Quadrado Médio		
			Boro	
Variedades	3	1,01 <sup>ns</sup>	3,19 <sup>ns</sup>	1,07*
Blocos	4	1,18	64,34	1,42
Resíduo	12	0,45	3,90	0,18
C.V(%)		9,63	21,28	11,72

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

Fonte: Autor, 2013

**Tabela 6** - Médias dos teores de micronutrientes na folha +3 de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

Variedade	Ciclo de cultivo		
	Cana-planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	15,20 b	14,00 a	15,00 a
SP813250	12,40 a	13,20 a	12,80 a
RB867515	15,80 b	13,80 a	14,20 a
RB92579	13,80 a	12,60 a	12,60 a
Média	14,30	13,40	13,65
Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	45,40 a	56,60 a	47,20 a
SP813250	99,40 a	58,60 a	49,00 a
RB867515	48,00 a	55,80 a	49,00 a
RB92579	46,20 a	62,20 a	55,40 a
Média	59,75	58,30	50,15
Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	28,00 a	38,60 a	28,00 b
SP813250	22,80 a	39,00a	22,20 a
RB867515	22,60 a	31,80 a	29,60 b
RB92579	20,00 a	33,00a	19,00 a
Média	23,35	35,60	24,70
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	2,20 a	6,60 b	3,80 a
SP813250	2,20 a	7,40 b	4,40 a
RB867515	2,20 a	6,60 b	3,80 a
RB92579	1,80 a	5,80 a	4,00 a
Média	2,10	6,60	4,00
Boro (mg kg <sup>-1</sup> )			
VAT90212	7,10 a	9,84 a	4,40 b
SP813250	7,10 a	9,44 a	3,46 a
RB867515	6,36 a	8,12 a	3,48 a
RB92579	7,36 a	9,84 a	3,48 a
Média	6,97	9,29	3,70

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

Fonte: Autor, 2013

A disponibilidade dos micronutrientes no solo, estimado por extratores químicos, têm variado bastante em função dos métodos e extratores empregados na análise química do solo, havendo ainda grande influência da época de coleta, da umidade do solo e do preparo da amostra (PAVAN e MIYAZAWA, 1984). Assim, deve-se associar os teores de micronutrientes determinado pela análise química ao histórico da área, especialmente aos

registros de deficiência destes em culturas antecessoras (OLIVEIRA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2007 ; RAIJ, 2011).

#### **4.2 Acúmulo de nutrientes na biomassa**

Os quadrados médios da análise de variância e os valores médios para o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na biomassa da parte aérea das variedades de cana-de-açúcar VAT90212, RB92579, RB867515 e SP813250 nos ciclos de cana - planta, primeira e segunda rebrotas encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Não foi constatado efeito varietal para o acúmulo de nitrogênio na biomassa da parte aérea nos três ciclos. O acúmulo médio de N na cana-planta foi  $182 \text{ kg ha}^{-1}$ , corroborando com Oliveira et al., (2011) que obtiveram  $179 \text{ kg ha}^{-1}$ , e superior 24% ao verificado por Mendes (2006) que constatou  $137 \text{ kg ha}^{-1}$ . Calheiros et al. (2011) em estudos conduzidos na zona da mata alagoana verificaram para o ciclo de cana-planta que as variedades RB867515 e RB92579 tiveram a mesma capacidade de absorção de nutrientes e, o acúmulo de nitrogênio na biomassa da parte aérea dessas variedades foi de aproximadamente  $220 \text{ kg ha}^{-1}$ , cerca de 20% maior que o do presente estudo. Embora não se disponha de informações detalhadas da precipitação pluvial e da capacidade de retenção de água no solo deste estudo e do conduzido por Calheiros et al. (2011), pode-se especular que no estudo conduzido por Calheiros et al. (2011) a disponibilidade de água no solo tenha sido maior, o que explicaria os maiores acúmulos de nitrogênio. Se fosse avaliado somente o histórico de uso das duas áreas, os teores de P no solo e as implicações do teor endógeno de fósforo na absorção e translocação do N (MAGALHÃES,1996; NOVAIS e SMITH, 1999; OLIVEIRA et al., 2007) o acúmulo de N na biomassa da parte aérea da cana do presente estudo deveria superar os citados por Calheiros et al. (2011).

Na primeira rebrota o acúmulo médio de N foi  $118 \text{ kg ha}^{-1}$ , havendo, portanto um decréscimo médio de cerca de 35% em relação ao acumulado na biomassa da parte aérea da cana-planta. Oliveira et al. (2003) avaliaram o potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar no início da primavera e verificaram acúmulo médio de  $236 \text{ kg ha}^{-1}$ , o dobro do observado neste estudo, confirmando o grande efeito de pequenas lâminas de água no vigor da rebrota, taxa inicial de crescimento da cultura (OLIVEIRA et al., 2007) e absorção de nutrientes (RUIZ et al.,1990; NOVAIS e SMITH, 1999).

**Tabela 7** - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação do acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Nitrogênio		
Variedades	3	185,22 <sup>ns</sup>	483,59 <sup>ns</sup>	612,93 <sup>ns</sup>
Blocos	4	1.478,11	858,89	120,51
Resíduo	12	733,23	358,98	182,24
C.V(%)		14,87	16,05	13,69

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Fósforo		
Variedades	3	52,01 <sup>ns</sup>	19,21 <sup>ns</sup>	6,35 <sup>ns</sup>
Blocos	4	24,17	13,23	4,07
Resíduo	12	34,14	14,34	6,04
C.V(%)		21,15	20,77	12,83

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Potássio		
Variedades	3	1.735,13 <sup>ns</sup>	374,23 <sup>ns</sup>	749,52 <sup>ns</sup>
Blocos	4	1.923,69	800,64	206,81
Resíduo	12	565,23	1.237,30	476,09
C.V(%)		10,81	18,40	13,41

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Cálcio		
Variedades	3	120,78 <sup>ns</sup>	69,43 <sup>ns</sup>	115,27 <sup>ns</sup>
Blocos	4	118,54	61,05	49,01
Resíduo	12	138,92	84,31	50,08
C.V(%)		10,62	17,47	12,50

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Magnésio		
Variedades	3	79,14 <sup>ns</sup>	69,14 <sup>ns</sup>	68,73 <sup>ns</sup>
Blocos	4	126,58	160,37	20,49
Resíduo	12	189,29	66,86	47,59
C.V(%)		22,83	19,22	16,81

		Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Enxofre		
Variedades	3	200,40 <sup>ns</sup>	140,30 <sup>ns</sup>	100,61 <sup>ns</sup>
Blocos	4	141,99	104,57	14,60
Resíduo	12	83,51	53,85	45,19
C.V(%)		15,36	16,97	15,63

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

Fonte: Autor, 2013

**Tabela 8** - Médias do acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

Variedade	Ciclo de cultivo		
	Cana-planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	176,91 a	125,19 a	109,53 a
SP813250	177,77 a	109,89 a	105,02 a
RB867515	190,03 a	109,25 a	84,60 a
RB92579	183,70 a	127,80 a	95,24 a
Média	182,10	118,03	98,60
		Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	29,08 a	20,50 a	18,32 a
SP813250	26,37 a	19,21 a	20,73 a
RB867515	31,48 a	16,34 a	19,21 a
RB92579	24,06 a	16,89 a	18,35 a
Média	27,75	18,23	19,15
		Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	221,14 a	181,08 a	170,70 a
SP813250	216,50 a	188,67 a	156,90 a
RB867515	243,50 a	193,40 a	148,50 a
RB92579	198,19 a	201,73 a	174,96 a
Média	219,83	191,22	162,76
		Cálcio (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	65,26 a	50,43 a	50,52 a
SP813250	71,63 a	48,54 a	58,20 a
RB867515	69,20 a	54,49 a	61,99 a
RB92579	60,39 a	56,71 a	55,81 a
Média	66,62	52,48	56,63
		Magnésio (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	57,82 a	38,17 a	40,86 a
SP813250	59,83 a	45,19 a	40,91 a
RB867515	66,02 a	46,05 a	36,64 a
RB92579	57,39 a	40,79 a	45,72 a
Média	60,26	42,55	41,03
		Enxofre (kg ha <sup>-1</sup> )	
VAT90212	51,09 a	37,38 a	40,62 a
SP813250	64,46 a	46,31 a	46,63 a
RB867515	64,30 a	40,37 a	37,89 a
RB92579	58,12 a	48,91 a	46,93 a
Média	59,49	43,24	43,02

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

Fonte: Autor, 2013

Na segunda rebrota o acúmulo de N na biomassa da parte aérea foi de 98 kg ha<sup>-1</sup>. Decréscimos no acúmulo de N com o avançar dos ciclos tem sido relatados na literatura e

especula-se que seja o resultado da diminuição dos teores de nitrato na solução do solo, compactação do solo e de alterações físicas (redução do volume) e fisiológicas (aumento do Km e redução na taxa de influxo (NOVAIS e SMITH, 1999; OLIVEIRA et al., 2007; MARSCHNER, 2012). Redução na quantidade de N exportado na segunda rebrota foi relatada por Gomes (2003), que avaliaram o comportamento de 12 cultivares de cana-de-açúcar em dois tipos de solo, e obtiveram uma exportação de N pelos colmos oscilando de 68 a 103 kg ha<sup>-1</sup>.

O acúmulo de P não foi influenciado pelas variedades nos três ciclos de cultivo. Na cana-planta o acúmulo médio de P na biomassa da parte aérea das variedades foi 27 kg ha<sup>-1</sup>. O acúmulo de P na variedade RB92579 foi semelhante ao valor observado nos estudos conduzidos por Calheiros et al. (2012) na zona da mata alagoana que constaram remoção de 25 kg ha<sup>-1</sup> pela RB867515, sendo superior entretanto ao valor observado por Oliveira et al., (2010), que obtiveram em seu estudo uma remoção de 19 kg ha<sup>-1</sup>. Tasso Júnior (2007) obteve no ciclo de cana-planta e na primeira rebrota 21,20 e 24,80 kg ha<sup>-1</sup> de acúmulo de P pela SP813250 valores estes inferiores aos obtidos no presente estudo. Na primeira rebrota o acúmulo médio de P foi inferior ao valor obtido por Oliveira et al., (2003) que constataram remoção média de 29 kg ha<sup>-1</sup>. Na segunda rebrota o acúmulo médio foi 19,15 kg ha<sup>-1</sup>, este valor foi superior ao obtido por Gomes (2003) que encontrou para segunda rebrota valores de 5,07 a 15,31 kg ha<sup>-1</sup>.

Devido aos altos valores de P no solo, extraído com Melhich (Tabela 2), esperava-se que houvesse também grande acúmulo de P na biomassa da parte aérea das plantas. Em relação à disponibilidade de fósforo no solo, não há concordância entre os pesquisadores sobre qual deveria ser o método mais adequado de quantificação de sua disponibilidade (NOVAIS e SMITH, 1999; RAIJ, 2011), reflexo da complexidade do comportamento do elemento no solo (RUIZ et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2007; CALHEIROS et al., 2012).

Essa complexidade se torna ainda maior ao considerarmos a dinâmica do P no sistema solo-planta (MALAVOLTA et al., 1997; NOVAIS e SMITH, 1999; MARSCHNER, 2012). Desta forma, e uma vez que não foi realizada nenhuma análise mais refinada em relação ao P e a cana, não é possível especular sobre as causas do acúmulo modesto de fósforo na biomassa da cana, contrastando com sua alta disponibilidade no solo.

No tocante ao acúmulo de K na biomassa, constatou-se que esse elemento foi o acumulado em maiores quantidades nos três ciclos de cultivo, confirmando informações anteriores de Malavolta et al. (1997); Oliveira et al. (2007); Oliveira et al. (2011) e Raij (2011). Na cana-planta o acúmulo médio obtido no presente estudo foi inferior aos verificados

por Mendes et al, (2006), Calheiros et al., (2011) e Oliveira et al., (2011) que obtiveram acúmulos médios de 254 e 263, 325 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na primeira rebrota o acúmulo médio de potássio foi 191 kg ha<sup>-1</sup> superior ao obtido por Prado et al., (2002), mas inferior ao obtido por Oliveira et al. (2003). Na segunda rebrota o acúmulo médio de potássio foi 162,17 kg ha<sup>-1</sup>. Gomes (2003) obteve para este ciclo valores oscilando de 152 a 235 kg ha<sup>-1</sup>.

Não ocorreu efeito varietal para o acúmulo de cálcio e de magnésio na biomassa da parte aérea da cana. Nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas os valores médios de acúmulo de cálcio foram respectivamente de 66; 52 e 56 kg por hectare. Para o magnésio os valores médios de acúmulo foram respectivamente de 60; 42 e 41 kg ha<sup>-1</sup>. Comparativamente a citação de outros autores, os acúmulos de cálcio, no ciclo de cana-planta são inferiores aos de Mendes (2006) e Oliveira et al., (2010), e superiores ao verificados por Tasso Junior (2007). A primeira rebrota apresentou valores médios superiores aos obtidos por Prado et al., (2002), Mendes (2006) e inferior ao observado por Oliveira et al (2003). Na segunda rebrota o acúmulo médio foi de 54,82 kg ha<sup>-1</sup>. Em relação ao acúmulo de magnésio, foi observado na cana-planta um acúmulo médio de 60,26 kg ha<sup>-1</sup>, valores inferiores aos obtidos por Oliveira et al. (2010c) e superiores ao de Mendes (2006). Na primeira rebrota o acúmulo foi inferior ao obtido por Oliveira et al. (2003) e superior aos obtidos por Prado et al. (2002) e Mendes et al. (2006) que foram 21,9 e 31,7 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na segunda rebrota o acúmulo médio de magnésio foi de 41,03 kg ha<sup>-1</sup>.

Para enxofre foi observado um acúmulo médio na biomassa da parte aérea no ciclo de cana-planta de 59,4 kg ha<sup>-1</sup>, valor este superior ao constatado por Tasso Júnior (2007). Na primeira rebrota o acúmulo médio de S foi 48,6 kg ha<sup>-1</sup> maior que os relatados por Coleti et al. (2006) e Prado et al., (2002). Na segunda rebrota foi constatado um acúmulo médio de enxofre de 43,03 kg ha<sup>-1</sup>.

Na cana-planta o acúmulo médio de macronutrientes na biomassa da parte aérea das variedades apresentou a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>Mg>S>P. Na primeira e segunda rebrotas a sequência observada foi K>N>Ca>S>Mg>P. Os macronutrientes, com exceção do fósforo e cálcio, apresentaram tendência de redução de acúmulo na biomassa da parte aérea conforme a ordem decrescente cana-planta > primeira rebrota > segunda rebrota, Essa ordem decrescente não foi observada por Gomes (2003) que obteve menores acúmulos de macronutrientes primários no ciclo de primeira rebrota, seguidos de segunda rebrota e cana-planta.

Os quadrados médios da análise de variância e os valores médios para o acúmulo de zinco, ferro, manganês, cobre e boro no terço médio da folha +3 das variedades de cana-de-

açúcar VAT90212, RB92579, RB867515 e SP813250 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas encontram-se nas Tabelas 9 e 10. Não foi observado efeito varietal para o acúmulo de micronutrientes na biomassa da parte aérea das variedades nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota, na segunda rebrota os teores de Zn e Fe apresentaram diferença significativa.

**Tabela 9** - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de acúmulo de macronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

		Cana-Planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Zinco		
Variedades	3	4.803,83 <sup>ns</sup>	3.695,11 <sup>ns</sup>	19.961,50*
Blocos	4	1.906,88	3.457,05	2.075,14
Resíduo	12	12.000,70	3.424,61	3.091,49
C.V(%)		31,72	24,88	14,71

		Cana-Planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Ferro		
Variedades	3	374.167,01 <sup>ns</sup>	517.757,20 <sup>ns</sup>	686.824,71**
Blocos	4	4.664.469,93	12.348.187,03	169.559,58
Resíduo	12	700.706,10	3.599.257,22	144.943,33
C.V(%)		19,91	55,24	12,11

		Cana-Planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Manganês		
Variedades	3	36.456,71 <sup>ns</sup>	32.770,80 <sup>ns</sup>	66.155,32 <sup>ns</sup>
Blocos	4	46.809,34	50.035,34	110.179,17
Resíduo	12	11.625,77	33.413,68	39.241,46
C.V(%)		18,63	31,56	18,92

		Cana-Planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Cobre		
Variedades	3	53,27 <sup>ns</sup>	122,13 <sup>ns</sup>	202,55 <sup>ns</sup>
Blocos	4	2.272,23	653,96	206,89
Resíduo	12	197,90	66,53	284,79
C.V(%)		18,85	17,40	29,54

		Cana-Planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fonte de variação		-----Quadrado Médio-----		
	GL	Boro		
Variedades	3	4.322,17 <sup>ns</sup>	103,57 <sup>ns</sup>	208,45 <sup>ns</sup>
Blocos	4	63.805,08	58.661,39	197,67
Resíduo	12	11263,03	2.453,62	515,75
C.V(%)		30,41	20,68	17,78

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

Fonte: Autor, 2013

O acúmulo de zinco na biomassa da parte aérea no ciclo de segunda rebrota das variedades SP813250 e RB867515 foram superiores aos teores observados na VAT90212 e RB92579. O ferro acumulado pela segunda rebrota da RB867515 foi superior ao das demais variedades (Tabela 10).

**Tabela 10** - Médias do acúmulo de micronutrientes na biomassa da parte aérea de quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

Variedade	Ciclo de cultivo		
	Cana-planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Zinco (g ha <sup>-1</sup> )			
VAT90212	313,12 a	225,42 a	314,31 a
SP813250	335,52 a	204,31 a	457,56 b
RB867515	387,14 a	242,46 a	396,87 b
RB92579	345,78 a	268,59 a	342,87 a
Média	345,39	235,19	377,90
Ferro (g ha <sup>-1</sup> )			
VAT90212	4.395,87 a	3.634,13 a	2.939,33 a
SP813250	4.438,45 a	3.500,95 a	3.288,45 a
RB867515	4.138,37 a	3.640,57 a	3.589,13 b
RB92579	3.845,65 a	2.961,29 a	2.755,15 a
Média	4.204,59	3.434,13	3.143,01
Manganês (g ha <sup>-1</sup> )			
VAT90212	639,46 a	510,48 a	909,39 a
SP813250	634,38 a	608,24 a	1.190,52 a
RB867515	585,42 a	680,73 a	1.035,78 a
RB92579	456,08 a	517,65 a	1.052,79 a
Média	578,83	579,27	1.047,12
Cobre (g ha <sup>-1</sup> )			
VAT90212	75,16 a	47,58 a	48,71 a
SP813250	78,89 a	40,56 a	60,09 a
RB867515	73,25 a	46,75 a	56,14 a
RB92579	71,22 a	52,61 a	63,53 a
Média	74,63	46,87	57,12
Boro (g ha <sup>-1</sup> )			
VAT90212	341,76 a	239,47 a	125,49 a
SP813250	345,16 a	233,75 a	121,52 a
RB867515	389,69 a	244,87 a	136,73 a
RB92579	319,50 a	240,04 a	127,06 a
Média	349,03	239,53	127,70

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

Fonte: Autor, 2013

Segundo Orlando Filho (1993) e Oliveira et al. (2007) para uma produção de 120 toneladas de matéria natural por hectare, cerca de 100 toneladas de colmos industrializáveis, o acúmulo de micronutrientes é da ordem de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4 e 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de ferro, manganês, zinco, cobre e boro. Comparando esses valores com os obtidos no presente estudo verifica-se que há grande redução no acúmulo de manganês e de cobre. Além do baixo teor desses nutrientes no solo (dados não apresentados), a disponibilidade deles é muito influenciada pelas condições climáticas (PAVAN e MIYAZAWA, 1984; RAIJ; 2011). Em Alagoas, na fase de crescimento máximo da cana é comum ocorrer alagamento do solo e, a diminuição do potencial de óxido-redução do solo resulta em aumento da disponibilidade do Mn, devido à redução das formas de Mn para Mn<sup>+2</sup>, que é a forma absorvida pela planta (MALAVOLTA et al.; 1997; MARSCHNER, 2012).

O alagamento do solo também irá reduzir o Cu<sup>+2</sup> para Cu<sup>+1</sup>, a forma preferencialmente absorvida pelas plantas é o Cu<sup>+2</sup> (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ, 2011; MARSCHNER, 2012). Nessa época, os dias são curtos, de alta nebulosidade, resultando em baixa evapotranspiração pela cana (CALHEIROS et al., 2012), assim, menos solução do solo é absorvida pela cana e, esta solução deve ficar muito diluída devido ao excesso de água (OLIVEIRA et al., 2011). Esses fatores contribuem para o menor acúmulo de cobre e manganês pela cana, comparativamente ao centro-sul do Brasil, onde o teor de cobre e de manganês no solo é maior (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ; 2011) e, a fase de crescimento máximo da cana coincide com alta radiação solar e evapotranspiração (BARBOSA et al.; 2002; OLIVEIRA et al., 2003, MENDES, 2006).

### 4.3 Qualidade do Caldo

Os quadrados médios da análise de variância e o teste de média para os teores de fibra, pol, brix, pureza, ATR e fósforo inorgânico no caldo das variedades de cana-de-açúcar VAT90212, RB92579, RB867515 e SP813250 nos ciclos de cana- planta, primeira e segunda rebrotas encontram-se nas Tabelas 11 e 12.

Não houve efeito varietal para o teor de fibra nos colmos nos três ciclos de cultivo. Assis et al. (2004) em estudo de avaliação da resposta da qualidade dos colmos da SP791011 sob diferentes lâminas de irrigação e adubação em três ciclos também não verificaram diferença significativa para fibra, porém os valores médios observados 22,25; 21,83; e 21,92% respectivamente para cana-planta, primeira e segunda rebrotas, foram bem maiores do que os obtidos no presente estudo.

**Tabela 11** - Valores e significância dos quadrados médios das análises de variância e coeficientes de variação de fibra, sacarose aparente (Pol.), percentual sólidos solúveis (Brix), pureza, açúcares totais recuperáveis (ATR) e de fósforo inorgânico (Pi) no caldo no caldo quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas.

Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			Fibra	
Variedades	3	0,16 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
Blocos	4	0,73	1,13	1,95
Resíduo	12	0,27	0,38	0,91
C.V(%)		4,15	4,63	6,42
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			Pol	
Variedades	3	0,24 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>**</sup>	5,00 <sup>ns</sup>
Blocos	4	0,45	0,26	1,35
Resíduo	12	0,78	0,24	0,85
C.V(%)		5,95	3,03	5,58
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			Brix	
Variedades	3	0,32 <sup>ns</sup>	5,16 <sup>**</sup>	4,84 <sup>**</sup>
Blocos	4	0,28	1,35	1,12
Resíduo	12	0,42	0,79	0,77
C.V(%)		3,77	4,63	4,58
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			Pureza	
Variedades	3	0,59 <sup>ns</sup>	14,78 <sup>*</sup>	4,95 <sup>*</sup>
Blocos	4	1,89	5,15	2,19
Resíduo	12	4,32	4,52	1,11
C.V(%)		2,43	2,51	1,22
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			ATR	
Variedades	3	21,70 <sup>ns</sup>	111,74 <sup>**</sup>	217,43 <sup>*</sup>
Blocos	4	35,79	10,45	87,28
Resíduo	12	61,19	20,32	50,38
C.V(%)		5,37	3,39	5,40
Fonte de variação	GL	Cana-Planta	Primeira Rebrotas	Segunda Rebrotas
		-----Quadrado Médio-----		
			Fósforo Inorgânico	
Variedades	3	1.470,92 <sup>**</sup>	1.250,52 <sup>**</sup>	1.838,55 <sup>**</sup>
Blocos	4	1.095,07	58,33	91,82
Resíduo	12	345,16	121,94	164,50
C.V(%)		29,38	21,27	15,42

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

Fonte: Autor, 2013

**Tabela 12** - Médias de fibra, sacarose aparente (Pol.), percentual sólidos solúveis (Brix), pureza, açúcares totais recuperáveis (ATR) e de fósforo inorgânico (Pi) no caldo quatro variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrota.

Variedade	Ciclo de cultivo		
	Cana-planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota
Fibra (%)			
VAT90212	12,67 a	13,40 a	14,49 a
SP813250	12,58 a	13,16 a	15,64 a
RB867515	12,85 a	13,54 a	14,88 a
RB92579	12,96 a	13,73 a	14,62 a
Média	12,76	13,46	14,91
Sacarose aparente (%)			
VAT90212	14,68 a	15,63 a	15,34 a
SP813250	15,13 a	16,65 b	16,64 a
RB867515	14,65 a	16,82 b	16,41 a
RB92579	14,90 a	16,04 a	17,78 b
Média	14,84	16,28	16,54
Brix (%)			
VAT90212	17,08 a	18,21 a	17,87 a
SP813250	17,65 a	19,60 a	19,38 b
RB867515	17,15 a	20,53 b	19,14 b
RB92579	17,31 a	18,75 a	20,25 b
Média	17,30	19,27	19,16
Pureza (%)			
VAT90212	85,94 a	85,87 b	85,73 a
SP813250	85,65 a	84,96 b	85,85 a
RB867515	85,30 a	82,10 a	85,71 a
RB92579	85,94 a	85,85 b	87,75 b
Média	85,74	84,62	86,26
ATR (kg t <sup>-1</sup> )			
VAT90212	144,12 a	127,46 a	124,91 a
SP813250	148,39 a	136,19 b	130,07 a
RB867515	143,95 a	137,14 b	130,22 a
RB92579	146,20 a	129,93 a	140,63 b
Média	145,67	132,68	131,46
Fósforo Inorgânico (mg dm <sup>-3</sup> )			
VAT90212	89 b	73 b	111 b
SP813250	54 a	55 a	75 a
RB867515	35 a	44 a	74 a
RB92579	52 a	37 a	71 a
Média	57,5	52,25	95,5

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

Fonte: Autor, 2013

Sabendo que o incremento do teor de fibra ocasiona aumento na resistência à extração do caldo, tem-se recomendado de 10,5 a 12,5% para manutenção energética das indústrias produtoras de açúcar (Oliveira et al., 2009). Para Fernandes (2000), o teor médio de fibra ideal deve-se 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.

No que se refere ao teor de sacarose aparente no caldo (Pol) não ocorreu efeito varietal para cana-planta e segunda rebrota. Na primeira rebrota a RB867515 apresentou maior teor de sacarose aparente não diferindo estatisticamente da SP813250. Na cana-planta e segunda rebrota os valores médios foram 14,84 e 16,54%, respectivamente. Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2011a), sob regime hídrico de sequeiro e irrigado, obteve-se para áreas de sequeiro no ciclo de cana planta teor de sacarose aparente no caldo (POL) de 18,2; 18,1 e 18,8 % para a RB92579, RB867515 e SP813250 respectivamente. Oliveira et al. (2011b) em pesquisa conduzida na zona da mata Alagoana obteve para a primeira rebrota da RB867515 um valor médio de 16,6% corroborando os resultados do presente estudo.

O teor de sólidos solúveis foi influenciado pelas variedades no ciclo de primeira e segunda rebrota. Na primeira rebrota o maior valor de Brix foi constatado para a variedade RB867515. As demais variedades não diferiram entre si, mas na segunda rebrota a VAT90212 apresentou pior desempenho. Santos et al. (2011) avaliando a qualidade do caldo da RB867515 no ciclo de cana-planta sob adubação com torta de filtro, obtiveram valores da ordem de 15% superiores aos encontrados no presente estudo. Em estudo conduzido no Rio Grande do Norte, Assis et al., (2004) encontraram teor de sólidos solúveis superiores ao do presente estudo, possivelmente influenciados pela maior demanda evaporativa do ar no RN, o que resulta em caldo mais concentrado. O valor médio da segunda rebrota foi inferior ao constatado por Carvalho et al. (2008) em estudo conduzido na Paraíba sobre a qualidade do caldo da SP791011 sob diferentes lâminas hídricas.

Para a pureza do caldo não houve efeito varietal no ciclo de cana-planta, no entanto ocorreu influência de variedade para primeira e segunda rebrota. A variedade que apresentou menor pureza na primeira rebrota foi a RB867515, as demais variedades não diferiram entre si. Na segunda rebrota a RB92579 apresentou menor pureza. Os resultados médios de cana-planta, primeira rebrota e segunda rebrota situaram-se acima dos verificados por Caldeira e Casedei (2010), Oliveira et al.(2011b) e Assis et al.,(2004) respectivamente.

O ATR foi influenciado por variedades nos ciclos de primeira e segunda rebrotas. No estudo conduzido por Oliveira et al. (2011), em sequeiro, não se observou diferença

significativa entre o ATR da RB92579, RB867515 e SP813250, que tiveram valores médios de 146, 151 e 148 kg t<sup>-1</sup>.

Em relação ao teor de fósforo inorgânico (Pi) no caldo constatou-se superioridade para VAT 90212, em todos os ciclos (Tabela 12). Os valores médios de Pi no caldo desta variedade, nos três ciclos, foram cerca de 65% maiores que os valores médios das outras três variedades, também nos três ciclos. Conforme citado no item 4.2 a dinâmica do P no sistema solo-planta é bastante complexa e, às vezes os resultados de estudos conduzidos em campo, com muitas variáveis interagindo, não permitem discussão mais aprofundada de determinado assunto. Por exemplo: No estudo conduzido na Usina Triunfo, por Oliveira et al. (2011), em solo com teor médio de P de 30 mg dm<sup>-3</sup>, extraído com Melhich, verificou-se que o teor de Pi no caldo da RB867515 foi em média de 160 mg L<sup>-1</sup>, sendo portanto cerca de três vezes maior que o teor de Pi no caldo da RB867515 no presente estudo (média dos três ciclos). Entretanto, o teor de fósforo no solo do presente estudo é muito maior que o utilizado por Oliveira et al. (2011). César et al. (1987) conseguiu elevar o teor de Pi no caldo da CB41-76 em apenas 21 mg (Aumentou de 27 mg para 48 mg) quando aplicou 400 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare, usando termosfosfato Yoorin, a fonte que neste estudo foi a mais eficiente na elevação do teor de Pi no caldo.

#### **4.4 Produtividade de Colmos e Açúcares**

A produtividade de colmos não foi influenciada por variedade nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrota nem para a soma dos três ciclos (Tabela 13). A média de produtividade de colmos dos quatro genótipos estudados no ciclo de cana-planta foi 126,88 t ha<sup>-1</sup>; 102,53 t ha<sup>-1</sup> na primeira rebrota, e 86,11 t ha<sup>-1</sup> na segunda rebrota. De acordo com Oliveira et al. (2011) essa produtividade de colmos pode ser considerada de média a alta para o Estado de Alagoas, pois a fase de máximo crescimento da cana ocorre 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.

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 no presente estudo. Gava et al. (2010) obtiveram para a RB867515 em manejo de sequeiro nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota 132 e 126 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Gomes (2003) obteve para

SP813250 nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrota 99, 53 e 90 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 13** - Produtividade de colmos (TCH) e produtividade de açúcar (TPH) de quatro variedades de cana em três anos agrícolas

VARIEDADE	TCH				TPH			
	t ha <sup>-1</sup>							
	Cana-planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota	SOMA	Cana-planta	Primeira Rebrota	Segunda Rebrota	SOMA
QM Variedade	176,58 <sup>ns</sup>	169,39 <sup>ns</sup>	39,37 <sup>ns</sup>	304,70 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	3,74 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	15,31 <sup>ns</sup>
QM Blocos	486,98 <sup>ns</sup>	47,47 <sup>ns</sup>	66,39 <sup>ns</sup>	961,60 <sup>ns</sup>	5,45 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	14,21 <sup>ns</sup>
QM Resíduo	203,34	99,14	61,18	362,81	5,01	2,25 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	6,98
SP813250	125,57 a	99,00 a	87,07 a	311,64 a	15,90 a	13,69 a	11,51 a	41,10 a
RB867515	135,21 a	103,12 a	81,97 a	320,31 a	16,49 a	14,29 a	11,63 a	42,42 a
RB92579	124,50 a	110,50 a	88,17 a	323,17 a	15,54 a	14,55 a	12,68 a	42,78 a
VAT90212	121,46 a	97,50 a	87,26 a	306,22 a	14,94 a	12,60 a	11,35 a	38,91 a
Média Geral	126,68	102,53	86,11	315,33	15,72	13,78	11,79	41,3
C.V (%)	11,26	9,71	9,09	6,04	14,24	10,89	12,38	6,4

ns= não significativo.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste Scott Knott.

Fonte: Autor, 2013

A produtividade de açúcar não foi influenciada pelas variedades de cana nos três ciclos de cultivo. A média de TPH foi de 15,72; 13,78 e 11,79 t ha<sup>-1</sup> para a cana-planta, primeira e segunda rebrotas respectivamente (Tabela 13). Para o somatório das produtividades de açúcar observa-se que as variedades também apresentaram comportamento semelhantes. Oliveira et al. (2011b) em estudo conduzido em Carpina – Pernambuco, também não verificaram diferenças significativa quanto ao açúcar produzido pelas variedades SP813250, RB867515 e RB92579 no ciclo de cana-planta sob regime de sequeiro, que tiveram produtividades médias, respectivamente de 12,8; 13,7 e 13,6 t ha<sup>-1</sup>

## 5 CONCLUSÃO

Foi constatado diferença varietal para o estado nutricional, entretanto nenhuma variedade apresentou generalizadamente maior concentração foliar para todos os nutrientes.

A RB867515, RB92579, SP813250 e VAT90212 não diferiram no acúmulo de macronutrientes nos três ciclos de cultivo, mas para os micronutrientes Zn e Fe, no ciclo de segunda rebrota, houve efeito varietal, tendo a RB867515 e SP813250 apresentado os maiores acúmulos de Zn e, a RB867515 o maior acúmulo de Fe.

Não houve diferença entre as variedades quanto à produtividade de colmos e de açúcares, mas para o teor de fósforo inorgânico no caldo houve superioridade da VAT90212.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992, 26p.
- ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p. 1441-1448, 2008.
- ANDA – Associação Nacional para difusão de adubos. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 15 de setembro de 2011.
- 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.
- ASSIS, P. C. O. et al. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2004.
- BACCHI, O. S. **Botânica da cana-de-açúcar**. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord). Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: IAA/Planalsucar, v.2, p. 25-37. 1983.
- BARBOSA, M. H. P. et al. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB 72454 no ciclo da cana planta. In: 8 CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2002. Pernambuco: STAB, **Anais...** Recife, 2002. p. 234-238.
- 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.
- BRADY. N. C. **Natureza e Propriedade dos solos**. 7ed. New York: John Willey, 1989. 898p.
- BRESSIANI, J.A.; LANDELL, M.G.A., BURNQUIST, E.W.L. et al. Melhoramento genético da cana-de-açúcar. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 23º, 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, p. 52-64, 2006.
- BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 20108. p. 205- 218
- 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.
- CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.125-136, 2004.
- CALDEIRA, D. S. A.; CASEDEI, R. A. Efeito do calcário em soqueiras de três variedades de cana-de-açúcar no Mato Grosso. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.4, n.3, p.05-09, 2010.

- CALHEIROS, A. S. et al. 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, 2012.
- CALHEIROS, A. S. et al. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo. **STAB -Açúcar, Álcool & e Subprodutos**, v. 39, n. 3, p. 26-29, 2011.
- 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. p. 770 – 845, 2007.
- CARVALHO, C. M. et al. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.337-342, 2008.
- CAVALCANTE, E. P.; PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar de latossolos da região de Araxá-MG. **Nucleus**, v.7, n.2, p.115-124, 2010.
- CESAR, M. A. et al. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 5:32-38, 1987.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>> Acesso em: 10 abril. 2012.
- 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**. Primeiro Levantamento, abril/2013, 19p.
- COPERSUCAR – Cooperativa de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda. Boletim Técnico Copersucar: Edição Especial. São Paulo, 1995. 24p.
- DEMATTE, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Informações Agronômicas**, n 111, set., 2005.
- DEMATTE, J. L. L.; DEMATTE, J. A. M. Ambientes de produção como estratégia de manejo na cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, v. 127, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ERNANI, P. R. et al. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p. 825-831, 2011.

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

FAQUIN, V; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004, 88p.

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 Açúcareiro e Alcooleiros do Brasil. 2000. 193p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió EDUFAL. 2000.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônômico 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 Agrônômico de Campinas v. 1. p.31-44. 2008.

FRANCO, H. C. J. et al. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, v. 66, n. 04, p. 669-674, 2007.

GALLO, J. R. Amostragem em cana-de-açúcar para fins de análise foliar. **Bragantia**, v.21, n.54, p.899-921, 1962.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.3, p. 250-255, 2010.

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

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 15 ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. 2003. 65p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA– IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201105\\_4.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201105_4.shtm)> Acesso em 25 abril. 2013.

JORNAL CANA. Técnico de usina de Boca da Mata desenvolve a VAT90-212. **Jornal Cana**, p. 50 1998.

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. ;A.; BRESSIANI, J.A . Melhoramento genético e manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A.. (Org.). **Cana-de-Açúcar**. 1 ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2008, v. 1, p. 101-156.

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 Agronômico de Campinas, v. 1, p. 697-722. 2008.

LIMA, L. F. N; 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, p.213-223, 1996.

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays, L.*) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. Viçosa, MG. 76 p. Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

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

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.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of higher plants** (Third Edition). San Diego: Elsevier. 2012 . 651 p.

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

MATSUOKA, S.; GARCIA A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BOREN, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. p.205-251.

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

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Cana-de-açúcar**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em 15 de junho de 2013.

MORELLI, J. L. et al. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.187-194, 1992.

MORELLI, J. L. et al. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar e Álcool e Subprodutos**, v.6, p.21-24, 1987.

NOVAIS, R. F. e SMITH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, C. M. R et al. Corretivos de acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.5, n.1, p.25-31, 2010a.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob vegetação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v,14, n.9, p.951-960, 2010b.

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

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.617-625, 2011a.

OLIVEIRA, E. L. Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p. 1398-1403, 2009.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. In: Informe Agropecuário, v. 28, n.239, 2007. Belo Horizonte. p. 30-43.

OLIVEIRA, M. W. et al. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. **Informações Agronômicas**, v.101, p. 9-10, 2003. (Encarte Técnico).

OLIVEIRA, M. W. et al. Produção da RB867515 influenciada pela aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 30, p. 30-33, 2011b.

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

OTTO, R.; VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.4, p. 1137-1145, 2010.

PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo: dificuldades de interpretação da análise para fins de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 23, n.3, p. 624 – 634, 1999.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**; tradução Florenal Zarpelon. São Paulo: Nobel S.A., 1989.

PIPERAS, G. V. et al. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.6, p.818-825, 2009.

PRADO, H. et al. Solos e ambiente de produção. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A.. (Org.). **Cana-de-Açúcar**. 1 ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas v. 1. p.179-204. 2008.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Informações agronômicas**, v: 110, p.12-17, 2005.

PRADO, R. M.; PANCELLI, M. A. Respostas de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.4, 2008.

PRADO, R. M. et al. Calcário e Escória siderúrgica, avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 01, p. 129-135, 2002.

PROCANA. Números do setor sucroenergético, safra 2010/2011. Disponível em <http://www.procana.com.br>. Acesso em maio dezembro de 2013/2012.

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

RAIJ, B. **Gesso na Agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, 233p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A & FURLANI, A.M.Cet al., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas e Fundação IAC (Boletim Técnico, 100), 1996. 255p.

RAPASSI, R. M. A. et al. Avaliação técnica e econômica de sistemas de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região oeste do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.39, n.10, p. 11-21, 2009.

RIDESIA – Rede Universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010. 136p.

RIDESIA - Universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Censo Varietal Brasil 2012**. Disponível em <http://ridesa.agro.ufg.br/pages/44741>. Acesso em maio de 2013.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa da cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba, 2004. 302 p.

ROCHA, A. T. et al. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.3, n.4, p.307-312, 2008.

ROZANE, E. R et al. Amostragem de folha em cana-de-açúcar submetida a adubação nitrogenada. **Revista Agricultura**, v.83, n.1, p.8-18, 2008.

RUIZ, H. A. et al. Teor, acúmulo e distribuição de fósforo em plantas de soja em relação ao conteúdo de água no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p. 81-85, 1990.

SALDANHA, E. C. M. et al. Uso do gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. **Caatinga**, v.20, n.1, 2007.

SANTOS, D. H. et al. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfatos solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.454-461, 2010.

SANTOS, D.H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola em Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.389-396, 2009.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAI, E. G. F. Anatomia e botânica. 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.47-56.

SIMIONI, K. R. et al. Efeito da variedade e época de colheita no teor de fenóis totais em cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos** v.24, n.3, p.36-39, 2006.

SOUZA, D. M. G. et al. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205 - 274

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. Avaliação dos métodos da necessidade de calagem em solos do cerrado. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997.14p. (Circular Técnica n. 27).

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

VASCONCELOS, A. C. M ; GARCIA, J. C. Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Piracicaba 2005 (**Encarte Técnico**).

VITTI, G. C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 37p.