



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



**PAULO RICARDO APRÍGIO CLEMENTE**

**ÍNDICES BIOMÉTRICOS, FISIOLÓGICOS E DE PRODUTIVIDADE DA  
CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE GESSO MINERAL**

**RIO LARGO, AL**  
**2014**

PAULO RICARDO APRÍGIO CLEMENTE

**ÍNDICES BIOMÉTRICOS, FISIOLÓGICOS E DE PRODUTIVIDADE DA  
CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE GESSO MINERAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

**Orientador:** Prof. Dr. Laurício Endres

**Co-orientador:** Dr. Anderson Carlos Marafon

RIO LARGO  
2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha**

C626c      Clemente, Paulo Ricardo Aprígio.  
Crescimento, aspectos fisiológicos e produtividade da cana-de-açúcar em  
função da aplicação de gesso mineral / Paulo Ricardo Aprígio Clemente. – 2014.  
60 f. : il.

Orientadora: Laurício Endres.  
Co-orientador: Anderson Carlos Marafon.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia: Proteção de plantas) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo,  
2014.

Bibliografia: f. 50-57.  
Anexos: f. 58-60.

1. *Saccharum spp.* 2. Fenologia. 3. Eficiência fotoquímica. 4. Sistema  
radicular. I. Título.

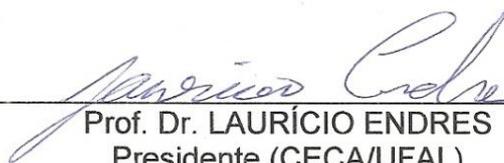
CDU: 631.82:633.61

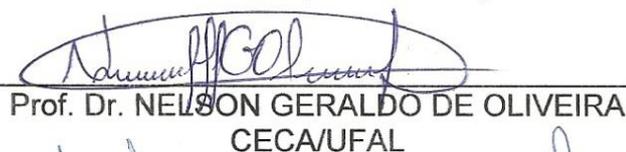
## TERMO DE APROVAÇÃO

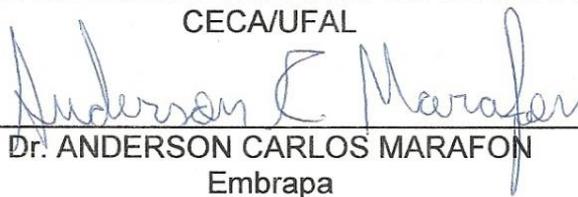
Título: "ÍNDICES BIOMÉTRICOS, FISIOLÓGICOS E DE PRODUTIVIDADE DA CANA-  
DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE DOSES DE GESSO MINERAL".

**PAULO RICARDO APRÍGIO CLEMENTE**  
(MATRÍCULA 12130110)

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em vinte e oito de fevereiro de 2014, como parte dos requisitos para obtenção de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.

  
Prof. Dr. LAURÍCIO ENDRES  
Presidente (CECA/UFAL)

  
Prof. Dr. NELSON GERALDO DE OLIVEIRA  
CECA/UFAL

  
Dr. ANDERSON CARLOS MARAFON  
Embrapa

  
Prof. Dr. RENAN CANTALICE DE SOUZA  
CECA/UFAL

A minha linda filha Sophia Houly Clemente que multiplicou a minha vontade de vencer  
e ser um exemplo a ser seguido...

...aos meus pais José Paulo Clemente e Irani Aprígio Clemente que me fizeram ser o  
que sou hoje, me criando e educando da melhor forma que um pai e  
uma mãe poderia criar e educar.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais: José Paulo Clemente e Irani Aprígio Clemente, que foram à base de tudo pra mim, apoiando-me nos momentos difíceis com força, confiança, amor, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

Ao meu irmão Pablo Irvyng Aprígio Clemente, agradeço pela companhia, carinho e momentos de descontração vividos a cada dia, que nos ajudaram a superar as diferenças.

A minha eterna namorada e mãe da minha filha Sacha Natália Houly Simões Silva, que com seu jeito especial de ser, me conquistou e a cada dia que passa me conquista ainda mais.

Aos meus amigos e colegas de graduação em especial à: Vinicius Santos Gomes da Silva, Yolanda de Melo de Oliveira, Rivan Júnior Estrela Pinto e Luiz Eduardo Rocha e Silva.

Aos meus amigos e colegas do mestrado, especialmente: Vinicius, Laís, Adriano, Joelmir, Kleyton, Jonhclecio, Felipe, Gleice, Manoel, Henrique, Anderson e Erika.

Ao Centro de Ciências Agrárias, especialmente ao programa de pós-graduação em Agronomia, coordenado pela Dr. Prof. Vilma Marques Ferreira, a qual tenho grande admiração.

A família formada no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal: prof. Vieira, Nelson, Karina, Karine, Benigno, Felipe, Polyana, Débora, Breno, Paul, Luan, Jonas, Thiago, Iago, Ivanildo, Vicente, Alysson, Alexandre, Osvânia, Heracliton por toda ajuda, companheirismo e amizade.

E não poderia faltar um agradecimento mais que especial ao meu orientador, professor e amigo Dr. Lauricio Endres pelos ensinamentos, as cobranças, exigências, dinamismo, confiança e por acreditar em meu potencial.

Enfim a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o sucesso deste trabalho.

*“Quem sabe concentrar-se numa coisa e insistir nela como único objetivo,  
obtem, ao fim e ao cabo, a capacidade de fazer qualquer coisa”*

**Mahatma Gandhi**

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento, os aspectos fisiológicos e a produtividade de três genótipos de cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral. A pesquisa foi realizada na Usina Santo Antônio, Fazenda Santa Rosa II, localizada no município de São Luiz do Quitunde - Alagoas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em 5 doses de gesso mineral (0; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 Mg ha<sup>-1</sup>) e de 3 genótipos de cana-de-açúcar (RB011941; RB92579 e RB991536). A parcela foi constituída por cinco linhas de dez metros de comprimentos, espaçadas de 1,10 m entre linhas. O crescimento das plantas foi avaliado em duas fases fenológicas. Um ano após o plantio foram analisados o índice SPAD, eficiência fotoquímica e coletadas amostras da folha (+3) para avaliação do estado nutricional das plantas. Aos 402 DAP foram avaliados a produtividade de colmos e do açúcar e realizada as análises tecnológicas do caldo. Uma semana após a colheita foi avaliado o desenvolvimento do sistema radicular em três profundidades do perfil do solo. O genótipo RB011941 apresentou maior quantidade de folhas que os demais genótipos aos 115 DAP. A altura do genótipo RB92579 foi maior em avaliação feita na fase de maturação (396 DAP). O genótipo RB92579 apresentou níveis mais altos de fósforo e potássio enquanto o genótipo RB011941 teve níveis foliares mais altos de magnésio e enxofre comparado aos outros genótipos. A eficiência fotoquímica e o índice SPAD não diferiram entre os genótipos. A produtividade de colmos e do açúcar foram mais altas no genótipo RB92579 apresentando médias de 157,90 e 24,10 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. O gesso mineral não influenciou nenhuma das variáveis analisadas, exceto a área foliar na fase de maturação (396 DAP) que decresceu linearmente com o incremento das doses de gesso aplicado e na massa seca de raiz da cana-de-açúcar nas camadas de 20 a 40 cm e 40 a 60 cm de profundidade, proporcionando incremento da ordem de 1,46 g dm<sup>-3</sup> e 2,04 g dm<sup>-3</sup> nas doses de maior eficiência técnica (13,96 e 12,54 Mg ha<sup>-1</sup>) respectivamente, em relação ao tratamento sem gesso.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp, Fenologia. Eficiência fotoquímica. Sistema radicular.

## ABSTRAT

The objective of this study was to evaluate the growth, physiological aspects and the yield of three sugarcane genotypes under five levels of mineral gypsum. This research was carried out on Usina Santo Antônio, Fazenda Santa Rosa II, situated on São Luiz do Quitunde – Alagoas. The experimental design was in a complete randomized block design, arranged in a 5x3 factorial scheme with four replications. The treatments were composed of five different levels of mineral gypsum (0; 2,5; 5,0; 10,0 and 20,0 Mg ha<sup>-1</sup>) and three sugarcane genotypes (RB011941, RB92579 and RB991536). Each plot consisted of five rows, each one 10 m long, spaced 1,10 m apart. Plant growth was evaluated on two phenological phases. One year after planting, the SPAD index and photochemical efficiency were evaluated. On the same period, +3 leaves were collected in order to evaluate the plant nutritional status. On 420 days after planting, the productivity of stalk and sugar were evaluated and the technological analyses of sugarcane juice were made. The development of the root system was evaluated in three different depths one week after harvest. The RB011941 genotype had more leaves compared to the other genotypes on 115 days after planting. The RB92579 genotype was the highest on an evaluation made on the maturation phase (396 days after planting). The RB92569 displayed high phosphorus and potassium levels while the RB011941 genotype displayed higher magnesium and sulfur, compared to other genotypes. Photochemical efficiency and SPAD index values didn't show any difference between the genotypes. The productivity of stalk and sugar was higher on the RB92579 genotype, with an average of 157,90 and 24,10 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The mineral gypsum didn't influence any of the variables analyzed, with the exception of leaf area on maturation phase (396 days after planting), which decrease linearly with the increase of the gypsum levels applied and root mass on the layers 20-40 and 40-60 cm of depth, providing an increase of approximately 1,46 g dm<sup>-3</sup> and 2,04 g dm<sup>-3</sup> on the root mass with the highest technical efficiency (13,96 and 12,54 Mg ha<sup>-1</sup>), respectively, compared to the treatment without gypsum.

**Keywords:** *Saccharum* spp. Phenology. Photochemical efficiency. Root system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2013 na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013. ..	23
Figura 2 - Corte manual (A) e pesagem dos colmos com auxílio de um dinamômetro acoplado na carregadeira (B).....	28
Figura 3 - Área foliar por planta da cana-de-açúcar, aos 395 DAP, em função de cinco doses de gesso mineral, em São Luís do Quitunde, AL, 2013. ....	31
Figura 4 - Distribuição relativa de raízes de cana-de-açúcar por volume de solo em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-20 <sup>ns</sup> , 20-40* e 40-60* cm em função das doses de gesso mineral, em São Luís do Quitunde, AL, 2013. ....	31
Figura 5 - Análise do sistema radicular da cana-de-açúcar em função de cinco doses de gesso mineral no perfil do solo na camada de 20-40 cm de profundidade, em São Luís do Quitunde, AL, 2013. ....	32
Figura 6 - Análise do sistema radicular da cana-de-açúcar em função de cinco doses de gesso mineral no perfil do solo na camada de 40-60 cm de profundidade, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.....	32
Figura 7 - Produtividade de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.....	33
Figura 8 - Produtividade do açúcar (TPH) de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.....	34
Figura 9 - Umidade do solo com e sem aplicação de gesso mineral no período de agosto a dezembro de 2013 nas profundidades de 10 cm, 20 cm, 30 cm e 40 cm de profundidade na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013. ns: não significativo; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste de F (Anexo 1).....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha +3 de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta considerados adequados por diferentes autores .....	21
Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013, em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. SB <sup>(1)</sup> : Soma de Bases; CTC <sup>(2)</sup> : Capacidade de Troca Catiônica; V <sup>(3)</sup> : Saturação por Bases; m <sup>(4)</sup> : Saturação por alumínio.....	24
Tabela 3 - Caracterização do gesso agrícola utilizado na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.....	25
Tabela 4 - Altura da planta (ALT), diâmetro do colmo (DIÂM), número de folhas (N° FOLH), número de perfilhos (N° PERF) e área foliar (AF) de três materiais de cana-de-açúcar, aos 116 e 395 DAP na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013..	30
Tabela 5 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de três genótipos de cana-de-açúcar, aos 305 dias após o plantio (DAP) na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013. ....	33
Tabela 6 - Análise tecnológica: BRUX, POL, PUREZA, FIBRA, PC e ATR de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013. ....	34

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1	<b>Características gerais da cana-de-açúcar</b> .....	14
2.2	<b>Importância socioeconômica</b> .....	15
2.3	<b>Manejo varietal e ambiente de produção</b> .....	15
2.4	<b>Gesso mineral</b> .....	17
2.5	<b>Estresse hídrico</b> .....	18
2.6	<b>Crescimento da planta</b> .....	19
2.7	<b>Estado nutricional</b> .....	20
2.8	<b>Sistema radicular</b> .....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	<b>Localização e caracterização da área experimental</b> .....	23
3.2	<b>Determinação da umidade do solo</b> .....	24
3.3	<b>Delineamento do experimento</b> .....	25
3.4	<b>Gesso mineral</b> .....	25
3.5	<b>Variáveis analisadas</b> .....	26
3.5.1	Crescimento da planta (Parte aérea).....	26
3.5.2	Sistema radicular .....	26
3.5.3	Estado nutricional.....	26
3.5.4	Análises fisiológicas.....	27
3.5.5	Produtividade .....	28
3.5.6	Análises tecnológicas .....	28
3.6	<b>Análises estáticas</b> .....	29
4	RESULTADOS .....	30
4.1	<b>Crescimento da planta (Parte aérea)</b> .....	30
4.2	<b>Sistema radicular</b> .....	31
4.3	<b>Estado nutricional</b> .....	32
4.4	<b>Análises fisiológicas</b> .....	33
4.4.1	Eficiência fotoquímica e índice SPAD .....	33
4.5	<b>Produtividade</b> .....	33
4.6	<b>Análise tecnológica</b> .....	34
3.9	<b>Determinação da umidade do solo</b> .....	35

5	DISCUSSÃO.....	36
5.1	Crescimento da planta (Parte aérea).....	36
5.2	Sistema radicular.....	38
5.3	Estado nutricional.....	38
5.4	Análises fisiológicas.....	40
5.4.1	Eficiência fotoquímica e Índice SPAD.....	40
5.5	Produtividade.....	41
5.6	Análise Tecnológica.....	42
6	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE.....	54

## 1 INTRODUÇÃO

Introduzida no Brasil pelos portugueses durante o período colonial, a cana-de-açúcar é de grande importância social, econômica e ambiental para o país, sendo cultivada por pequenos, médios e grandes produtores rurais, empregando grande número de pessoas de diferentes classes sociais.

Atualmente a canavieira ocupa uma área de aproximadamente 8,7 milhões de hectares em terras brasileiras, o que torna o Brasil maior produtor mundial, seguido por Índia, China e Tailândia (CONAB, 2013). As regiões de cultivo são Centro sul com 87% da produção nacional e Nordeste com 13%, permitindo safras alternadas entre as regiões (IBGE, 2013).

Alguns estudos indicam que o potencial biológico de produção da cana-de-açúcar ultrapassa 300 t ha<sup>-1</sup> (LANDELL et al., 2006). A média de produtividade brasileira da safra 2013/2014 está estimada em 74,10 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a de Alagoas estima-se 55,20 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013), dessa maneira nota-se que a produtividade atual brasileira e alagoana, correspondem a menos de 25% do potencial biológico da cultura.

A baixa produtividade alagoana deve-se principalmente à má distribuição de chuvas, uma vez que na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, ocorre um excedente no outono-inverno (a precipitação equivale 70% do total anual) e uma deficiência na primavera-verão (SOUZA et al., 2004), isso resulta em deficiência hídrica em grande parte do período de crescimento da planta. Outro fato que concorre para baixo rendimento, são os efeitos de acidez do solo ligados à presença de Al<sup>3+</sup> em concentrações tóxicas e de baixos teores de cátions de caráter básico, como Ca, Mg e K principalmente nas camadas subsuperficiais do solo (SOUZA et al. 2007; RAIJ, 2008).

Com o objetivo de atenuar os efeitos da má distribuição hídrica e do impedimento químico da subsuperfície, os produtores têm aplicado uma série de técnicas agrícolas, as quais adotadas em conjunto permitem a melhoria das propriedades físico-químicas do solo, proporcionando a sustentabilidade da cultura ao longo dos anos. Nesse contexto merece destaque a escolha de genótipos adaptados a diferentes ambientes edofoclimáticos e eficientes no uso de água e nutrientes. Outra prática importante é a gessagem, por permitir a melhoria das propriedades químicas e físicas das camadas subsuperficiais do solo e possibilitarem maior aprofundamento do sistema radicular, o que repercute em maior resistência ao estresse hídrico, principalmente nos períodos de estiagem.

Com isso, o presente trabalho teve por finalidade avaliar os índices biométricos, fisiológicos, o estado nutricional, a produtividade e o desenvolvimento do sistema radicular de três genótipos de cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características gerais da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) atualmente cultivada no Brasil e no mundo é uma cultura que pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Cyperales, família Poaceae, gênero *Saccharum* com diversas espécies como: *Saccharum officinarum*, *Saccharum barberi*, *Saccharum robustum*, *Saccharum spontaneum* entre outras (Scarpari et al., 2010).

Considerada uma cultura rústica, adaptada a diversos ambientes e com grande potencial de produção de biomassa, a cana-de-açúcar apresenta metabolismo C4 (BARBOSA e SILVEIRA, 2006) assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos, tendo como principal característica elevadas taxas fotossintéticas, sendo altamente eficiente na conversão de energia luminosa em energia química. A cana é adaptada à alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que a cultura necessita de grandes quantidades de água para suprir suas necessidades hídricas, uma vez que somente cerca de 30% de sua massa total é representada pela matéria seca e, 70% pela água, dependendo do estágio fenológico (SEGATO et al., 2006).

Outra particularidade da cultura é a produção de muitos perfilhos na fase inicial do desenvolvimento, cada qual com diversos nós separados por entrenós. Os entrenós são responsáveis pelo armazenamento da sacarose nas células do parênquima e tecido vascular, sendo o colmo o principal órgão de armazenamento dos fotoassimilados (sacarose), havendo, porém, vários fatores que promovem a inibição ou favorecem o desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA et al., 2004).

Rodrigues, (1995) destaca que as características inerentes a cada genótipo definem o número de colmos por planta, assim como a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciada pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. As características varietais influenciam a eficiência fotossintética da cana-de-açúcar, além das variações climáticas que prevalecem durante todo o desenvolvimento. Ainda segundo Rodrigues, (1995), a fotossíntese é correlacionada negativamente com a largura das folhas e positivamente com sua espessura. Uma maior inclinação da folha no colmo traduz-se em maior eficiência fotossintética, sobretudo em populações de alta densidade populacional, devido à penetração mais eficiente da luz no dossel.

## **2.2 Importância socioeconômica**

O cultivo da cana-de-açúcar é considerado uma das primeiras atividades de importância nacional, ocupando posição de destaque na economia brasileira (BARBOSA e SILVEIRA, 2006).

A cana-de-açúcar serve como matéria prima de grande gama de produtos. Além de ser considerada fonte de alimentação animal, produz etanol de vários tipos e gera eletricidade a partir do bagaço via indústria alcoolquímica. Da cana-de-açúcar é aproveitado absolutamente tudo: bagaço, mel, torta e resíduos de colheita (UNICA, 2006).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com total de moagem para a safra 2013/2014 de 652,02 milhões de toneladas de cana. Este volume representa, para o setor sucroenergético, um incremento de 11,5 % em relação à safra 2012/2013. O Estado de Alagoas encontra-se em sexto lugar na produção nacional, com uma média estimada em 24,4 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 363,3; 61,2; 59,7; 44,7 e 43,8 milhões de toneladas de cana, respectivamente (CONAB, 2013)

O setor sucroenergético é de grande importância socioeconômica para o Brasil representando 2,0% do produto interno bruto nacional, movimentando cerca de 60 bilhões de reais da safra de 2012/2013 com investimentos de R\$ 8,0 bilhões/ano. 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).

O Brasil desponta como líder mundial na exportação de açúcar, e na utilização da cana-de-açúcar como fonte de energia renovável. Nos últimos anos, houve um aumento significativo na área plantada e na produção, estimulados pelo aumento das exportações e principalmente pela crescente participação dos veículos bicomustíveis na frota de automóveis brasileira.

## **2.3 Manejo varietal e ambiente de produção**

A agricultura brasileira experimentou grande desenvolvimento durante os últimos 100 anos, notadamente nas últimas três décadas. Entre os componentes para este desenvolvimento estão o surgimento de novas variedades melhor adaptadas, a pesquisa em fertilidade do solo e as inovações científicas e tecnológicas, que permitiram o uso eficiente de corretivos e de fertilizantes (LOPES e GUILHERME, 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 Agrônomo de Campinas (IAC) e CANAVIALIS (CV).

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

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).

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).

Caracterização dos genótipos: RB011941 - Material promissor com boa produtividade agrícola, médio perfilhamento em cana-planta e soca, bom fechamento de entrelinhas, boa brotação das socarias, alto teor de sacarose no final da safra, hábito de crescimento semi-decubente, porte médio com eventual florescimento, resistente a ferrugem marrom e escaldadura das folhas com média adaptabilidade e boa estabilidade. RB92579 - Genótipo com maior área cultivada no estado de Alagoas. Possui 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, alto perfilhamento, alta produtividade agrícola, adaptabilidade e estabilidade (RIDESA, 2010). RB991536 - Alta produtividade agrícola, bom perfilhamento em cana-planta e cana-soca, bom fechamento de entrelinhas, boa brotação das socarias, alto teor de sacarose no meio de safra, hábito de crescimento ereto, facilitando a colheita mecanizada, porte médio e ausência de tombamento, raro florescimento e ausência de chochamento, fácil despalha, resistente a ferrugem marrom, ferrugem alaranjada e escaldadura das folhas e média exigência ambiental.

## 2.4 Gesso mineral

O gesso usado na agricultura é o sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que pode ser proveniente de jazidas naturais (gipsitas), conhecido como gesso mineral, ou ser um subproduto da produção do ácido fosfórico (fosfogesso), obtido na fabricação de fertilizantes fosfatados (VITTI, 2000).

A maioria das pesquisas realizadas com gesso na agricultura do Brasil referem-se, sobretudo ao gesso oriundo do processo de fabricação do ácido fosfórico (fosfogesso ou gesso agrícola) (DAL BÓ et al., 1986; MORELLI et al., 1987; MORELLI et al., 1992 SALATA e DEMATTÊ, 1995; SALDANHA et al., 2003). Assim, são raros trabalhos com o uso do gesso de origem mineral oriundo de jazidas de gipsita (BARROS et al., 2002). Entretanto, Rocha (2007) relata que o gesso mineral tem a mesma capacidade corretiva do gesso agrícola ou fosfogesso e ótimas condições para utilização na agricultura, já que ambos, possuem em sua composição, predominantemente, o  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . O mineral gipsita que origina o gesso mineral é encontrado em depósitos sedimentares de diversas regiões do mundo. O Estado de Pernambuco possui, na região do Polo Gesseiro do Araripe, uma produção de 2,6 milhões de t/ano, representando 95 % de todo o gesso brasileiro; entretanto, menos de 1% deste total é utilizado para fins agrícolas (SALDANHA et al., 2007).

Vários benefícios às plantas são oferecidos pelo uso do gesso mineral, tais como: efeito fertilizante, como fonte de enxofre e cálcio; correção de solos sódicos, reduzindo os efeitos do excesso de sódio, que impede o desenvolvimento e a penetração das raízes; e condicionador de subsuperfície (VITTI et al., 2008).

Em camadas subsuperficiais de alguns tipos de solo, existe toxidez por alumínio e/ou baixa disponibilidade de cálcio que são os principais fatores que impedem à maximização da produção das culturas, por limitar o crescimento radicular e, conseqüentemente, a utilização de água e de nutrientes em profundidade (Furtini Neto et al., 2001). Soratto (2005) completa dizendo que o excesso de alumínio e a deficiência de cálcio são considerados os principais fatores do solo que impedem o crescimento das raízes em profundidade.

Neis (2009), afirma que o uso de sais de cálcio, mais solúveis do que o carbonato do calcário, tem sido proposto como alternativa viável para se aumentar os teores de cálcio e reduzir atividade do íon  $\text{Al}^{3+}$  em profundidade, com conseqüente aumento do sistema radicular.

O gesso mineral tem sido muito usado como essa alternativa para melhorar as camadas mais profundas dos solos. O sulfato de cálcio dihidratado, com a característica de alta

solubilidade, permiti assim uma maior mobilidade no perfil do solo, atingindo as camadas subsuperficiais.

Devido ao ânion sulfato acompanhante, o gesso mineral possui a capacidade de deslocar cálcio para camadas mais profundas de solo. Este ânion, por sua vez, pode aliviar a toxicidade de alumínio em subsuperfície, ou seja, abaixo da camada arável pela formação do precipitado sulfato de alumínio (NASCIMENTO, 2003).

Segundo Pavan e Volkweiss (1986), as reações do gesso no solo, de forma resumida, inicia-se na camada superficial, onde ocorre a dissociação do gesso, bem como a lixiviação pareada dos íons  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{SO}_4^{-2}$  e do par iônico  $\text{CaSO}_4^0$ .

$2 \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{-2} + \text{CaSO}_4^0 + 4\text{H}_2\text{O}$ , ainda segundo os autores, depois, na camada subsuperficial, ocorrem a troca iônico do Al na superfície de troca pelo Ca e a formação do par iônico  $\text{AlSO}_4^+$ , que não é tóxico às plantas. O Al pode, também, ser precipitado na forma de oxihidróxido.

Outro aspecto do gesso que deve-se chamar atenção é sua grande importância como fonte de enxofre, elemento essencial para as plantas e que sua baixa disponibilidade no solo, pode muitas vezes, limitar a produção das culturas. Considerando a concentração de enxofre presente no gesso agrícola, doses em torno de 100 a 250 kg/ha deste insumo seriam suficientes para corrigir deficiências desse elemento para grande parte das culturas (ALVAREZ e DIAS, 1994).

Segundo Stipp e Casarin (2010), o S é reconhecido, junto com o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), como nutriente-chave necessário ao desenvolvimento das culturas. O Brasil consome cerca de 1,6 milhões de toneladas anuais de enxofre elementar, importando 90% desse total, devido à pequena produção nacional. Essas estatísticas poderiam ser diferentes se a utilização do gesso agrícola na agricultura fosse mais expressiva.

Recomenda-se aplicar gesso, quando se verificar teores de  $\text{Ca}^{+2}$  menores que 0,4  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  e/ou saturação por alumínio maior que 20%, na camada de 20 a 40 cm (OLIVEIRA et al., 2007 e SOUSA et al., 1992). A aplicação de gesso levará à melhoria das camadas abaixo da arável, efeito que perdura por vários anos. Por esse motivo não é necessária a aplicação anual do gesso de acordo com Oliveira et al. (2007).

## 2.5 Estresse hídrico

Estresse hídrico ocorre quando a planta não consegue absorver água suficiente para substituir a perda de água por transpiração. Teramoto (2003) relata que a disponibilidade hídrica

é o principal fator climático causador de oscilações na produtividade da cana-de-açúcar. Segundo Scardua e Rosenfeld (1987), além das condições climáticas e da água disponível no solo, o consumo de água por parte da cana-de-açúcar varia em função do estágio fisiológico e do ciclo de cultivo, ou seja, cana-planta ou cana-soca. Dependendo das condições climáticas, a quantidade de água exigida pela cultura durante o ciclo pode variar entre 1500 mm a 2500 mm (OMETTO, 1980).

Segundo Inman-Bamber (2004), alguns processos fisiológicos serão prejudicados se ocorrer estresse hídrico durante o desenvolvimento da cultura, tais como: divisão e alongamento celular, reduzindo o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar.

O déficit hídrico afeta vários aspectos do crescimento vegetal; os efeitos mais óbvios do estresse hídrico se referem à redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e da produtividade da cultura. O grau de injúria causado pelo déficit hídrico depende consideravelmente do estágio fenológico em que ele ocorre na planta e da duração do estresse (Taiz e Zeiger, 2009).

## 2.6 Crescimento da planta

A análise do crescimento da planta, em termos de produção e partição de biomassa pode ser de grande importância para o melhor entendimento dos mecanismos que proporcionam aumento na eficiência produtiva da cultura em resposta às condições ambientais. Devido ao estudo das interações entre os parâmetros de crescimento, os estádios de desenvolvimento da planta e os fatores ambientais, pode-se conhecer sua eficiência de crescimento e a habilidade de adaptação da planta ao ambiente produtivo (ROCHA, 2012).

O estudo da área foliar em cultivares de cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento. A folha é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (HERMANN e CÂMARA 1999).

Nos estudos de área foliar tem-se usado com bastante frequência o método proposto por Hermann e Câmara (1999), uma adaptação do método de Francis et al. (1969).  $AF = [C \times L \times 0,75 \times (N + 2)]$ , em que:

C = comprimento da folha +3 estudada;

L = largura da folha +3 estudada;

N = nº de folhas totalmente abertas com mais 20% de área verde;

2 = fator de correção.

A fenologia estuda as mudanças exteriores (morfologia) e as transformações que estão relacionadas ao ciclo da cultura. Representa, portanto, o estudo de como a planta se desenvolve ao longo de suas diferentes fases: germinação emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação, formação das sementes e maturação.

Com todas as informações disponíveis sobre o ciclo da planta, é possível identificar as relações e a influência dos fatores envolvidos no processo de produção, favorecendo a previsão de problemas, o manejo e a tomada de decisão.

Para favorecer a compreensão das fases de desenvolvimento, existe uma escala fenológica que se constitui em um conjunto de fases apresentadas em sequência, de forma a descrever o crescimento e o desenvolvimento desde sua emergência até a maturação. Os estágios fenológicos da cana-de-açúcar são: brotação e emergência; perfilhamento; crescimento dos colmos e maturação dos colmos (CASAGRANDE, 1991).

A análise quantitativa do crescimento constitui-se numa ferramenta que possibilita estimar a partição do carbono entre as partes da planta e o rendimento agrícola da cana-de-açúcar, sendo o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o desenvolvimento vegetal. Sua principal vantagem está na obtenção de informações a intervalos regulares, sem a necessidade de laboratórios e/ou equipamentos sofisticados, uma vez que as informações necessárias para sua determinação referem-se à massa da matéria seca (fitomassa) e à dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar) da planta (MARAFON, 2012).

## **2.7 Estado nutricional**

Diversos trabalhos revelam que existem diferenças quanto à absorção e eficiência de utilização dos nutrientes entre espécies ou cultivares, em razão da variabilidade genética da planta. A variabilidade genética refere-se a características hereditárias de uma espécie vegetal ou cultivar que apresenta diferença de crescimento ou produção em comparação com outra espécie ou cultivar, sob condições ideais ou adversas (FAGERIA, 1998).

A análise química das folhas da cana-de-açúcar é uma das formas de avaliar o estado nutricional das lavouras. A preferência pelas folhas deve-se ao fato de elas serem a parte da planta que, de um modo geral, melhor refletem as variações no suprimento de nutrientes, tanto do solo quanto das adubações. Em cana-de-açúcar tem sido recomendado coletar as folhas +2 ou +3. A folha +1 é, no sentido descende do caule, a primeira que apresenta a lígula (região de

inserção da bainha foliar no colmo) totalmente visível. Para a análise química utiliza-se o terço mediano da folha +2 ou +3, excluída a nervura central.

O uso de uma tesoura sem ponta para coleta das folhas +3, ao invés de um canivete ou faca, evita cortes acidentais em quem realiza a coleta, além de aumentar o rendimento do trabalho. Retirara o terço mediano para primeiramente serem lavadas em água corrente limpa e, posteriormente, em água destilada. Retirar a nervura central de cada folha. A seguir o material deve ser seco em estufa a 65 °C até peso constante (OLIVEIRA et al., 2007).

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 e Haag (1976), Espironelo et al. (1986), Raij et al. (1996), Malavolta et al., (1997) e Reis Jr (1999) e Moura Filho et al. (2010).

**Tabela 1 - Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha +3 de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta considerados adequados por diferentes autores**

AUTORES	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Orlando Filho e Haag (1976)	20,0	2,0	11,0	9,0	2,0	2,0
Espironelo et al. (1986)	15,3	1,4	12,4	3,8	1,1	1,1
Malavolta et al. (1997)	19,0	2,0	11,0	8,0	2,0	2,5
Reis Jr. (1999)	13,4	1,9	12,2	3,0	2,2	1,6
Moura Filho et al. (2010)	12,5	1,0	8,90	1,7	0,1	0,7
Raij et al. (2011)	18,0	1,5	10,0	2,0	1,0	1,5

Fonte: Autor, 2013.

## 2.8 Sistema radicular

O conhecimento do sistema radicular da cana-de-açúcar é de grande importância, haja vista, que permite a utilização adequada das técnicas agronômicas, além de possibilitar a adequação do método de avaliação de sistema radicular, a cada condição em particular (CASAGRANDE, 1991; VASCONCELOS et al., 2003).

Como o crescimento das raízes é influenciado pelo manejo do solo, a avaliação do sistema radicular de uma cultura é importante para o desenvolvimento de práticas agrícolas (espaçamento, local de aplicação de fertilizantes, práticas de cultivo, etc.) que visam à otimização da produtividade (FANTE JÚNIOR et al., 1994).

Existe na literatura vários trabalhos demonstrando a importância do estudo do sistema radicular de diferentes plantas, apresentando também vários métodos para caracterização de raízes, levando em conta custo, precisão e tempo de análise. Na escolha do método a ser

utilizado em um levantamento, além de sua precisão, devem ser considerados os objetivos da pesquisa e quais os parâmetros que devem ser quantificados (JORGE et al., 1996).

Em estudos sobre as raízes e suas interações com o solo (interface solo-raiz), a metodologia de quantificação destaca-se como principal fator limitante. Segundo Schuurmann e Goedewaagen (1971), Bohm (1979) e Kopke (1981), existem vários métodos que permitem investigar a distribuição do sistema radicular, entretanto, a avaliação das raízes em termos de volume explorado, massa seca e comprimento radicular é tarefa difícil e grandes limitações são encontradas em qualquer técnica, como o tempo gasto, a pouca informação obtida e a variabilidade dos resultados.

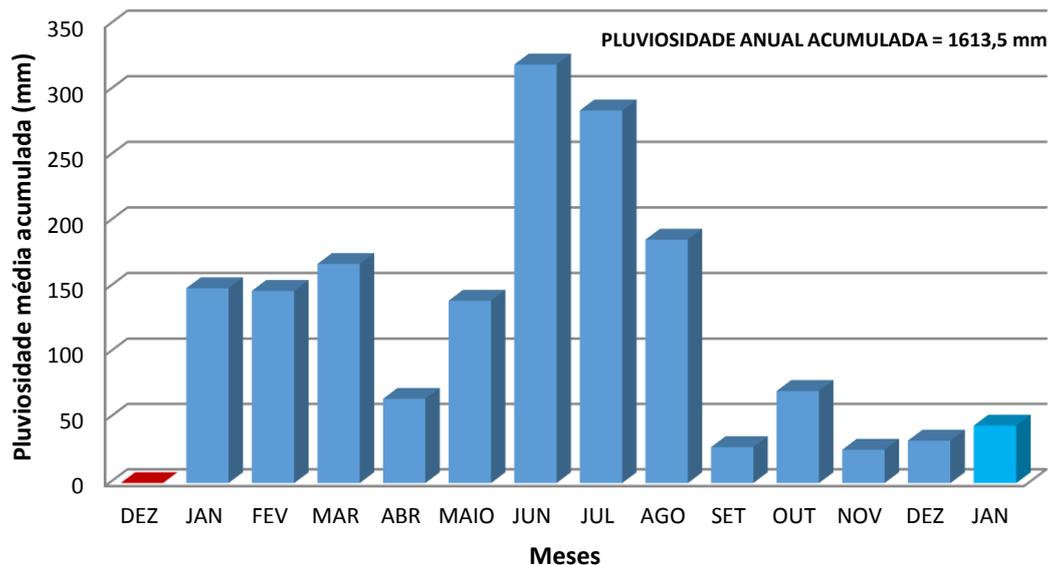
Entre os métodos de avaliação do sistema radicular está o método do trado. De acordo com Vasconcelos et al. (2003), o método do trado tem como base do levantamento a extração de porções de solo com raízes; portanto, proporcionam uma amostragem volumétrica melhor que os métodos de perfis, os quais são baseados no levantamento de imagens de um plano único.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido na Usina Santo Antônio, Fazenda Santa Rosa II, no município de São Luiz do Quitunde - Alagoas. As coordenadas da área experimental são: latitude de 9°22' S, longitude de 35°32' W. A temperatura média na região esteve na ordem de 27,5 °C, apresentando máxima de 32 °C e mínima de 23 °C com precipitação pluviométrica média acumulada de 2355,41 mm, No período do estudo a precipitação pluviométrica acumulou 1613,5 mm, conforme a figura 1.

**Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2013 na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**



Fonte: Autor, 2013.

Antecedendo a implantação do experimento foi efetuada a análise química do solo em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, para determinação de pH em água, acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (M.O.), Alumínio (Al), Hidrogênio (H), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Sódio (Na), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V%), Saturação por Alumínio (m%), as quais foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA, (2009) conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013, em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. SB<sup>(1)</sup>: Soma de Bases; CTC<sup>(2)</sup>: Capacidade de Troca Catiônica; V<sup>(3)</sup>: Saturação por Bases; m<sup>(4)</sup>: Saturação por alumínio.**

CARACTERÍSTICA	PROFUNDIDADE (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH (H <sub>2</sub> O 1:25)	5,8	5,1	4,8
Ca <sup>+2</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,0	1,1	0,9
Mg <sup>+2</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,4	0,6	0,5
K <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,65	0,34	0,23
Al <sup>+3</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0	0,3	0,6
H <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,0	2,4	2,6
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,0	2,7	3,2
SB <sup>(1)</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,05	2,04	1,63
CTC efetiva (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,05	2,34	2,23
CTC <sup>(2)</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	6,05	4,74	4,83
P (mg dm <sup>-3</sup> )	46,6	38,1	14,8
S (mg dm <sup>-3</sup> )	37	37	36
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	75,0	74,0	64,0
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	3,5	2,9	2,1
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	2,1	1,2	0,8
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,4	1,6	1
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,23	0,20	0,18
V <sup>(3)</sup> (%)	67,0	43,0	34,0
m <sup>(4)</sup> (%)	0	13	27
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	3,1	2,4	2,1

Fonte: Laboratório de Análises de Solos e Calcários, UFU.

O preparo do solo foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2011, onde foi feita uma gradagem pesada, seguido de nivelamento e abertura dos sulcos de cultivo. Posteriormente foi realizada adubação química com 700 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 14-00-18 (Sulfato de amônio - 20% de N e Cloreto de potássio - 58% de K<sub>2</sub>O). Baseada no resultado da análise de solo verificou-se que não houve a necessidade de calagem. A aplicação do gesso mineral e o plantio dos genótipos de cana-de-açúcar foram realizados simultaneamente no dia 20 de dezembro de 2011.

### 3.2 Determinação da umidade do solo

Com intuito de avaliar a umidade do solo durante a condução do experimento, utilizou-se uma sonda multisensor de capacitância do tipo PR2/4, da Delta-T Devices Ltd, para medir a

umidade do solo em quatro profundidades ao longo do perfil nas camadas de 10, 20, 30 e 40 cm (Figura 2). As leituras foram realizadas com a instalação de 8 tubos de acesso próprio do equipamento nos tratamentos controle e maior dose de gesso mineral (234 DAP), em 09/08/2012. As leituras foram realizadas nos meses de Agosto, Outubro e Dezembro. Foi utilizado um equipamento portátil acoplado a sonda, denominado HH2, que mostra e grava os resultados das medições em volts (V) e os teores de umidade em base volumétrica ( $m^3m^3$ ).

### 3.3 Delineamento do experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 5x3. Os tratamentos foram cinco doses de gesso mineral: 0; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0  $Mg\ ha^{-1}$ , obtido de jazidas de gipsita ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) e três genótipos de cana-de-açúcar: RB011941; RB92579 e RB991536, que foram obtidas através do Programa de Melhoramento de Cana-de-açúcar – PMGCA em Rio Largo, Alagoas. Cada parcela foi constituída por cinco linhas de dez metros, espaçadas de 1,10 m.

### 3.4 Gesso mineral

O gesso utilizado no experimento é de origem mineral proveniente de jazidas de gipsita ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) do polo gesseiro do Araripe em Pernambuco. A caracterização do gesso mineral foi feita no Laboratório de Solos do Departamento de Solos da Faculdade de Ciências Agrônômica da Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu – UNESP (Tabela 3).

**Tabela 3 - Caracterização do gesso agrícola utilizado na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

CaO	S	Umidade
----- % -----		
45,86	20,30	19,18

Fonte: Laboratório de Solos, UNESP, Botucatu, 2011.

As doses de gesso foram aplicadas no fundo do sulco do plantio em profundidade de aproximadamente 20 cm da superfície e logo em seguida foi feita a semeadura. A densidade de semeadura foi de 15 gemas por metro. O controle de plantas daninhas foi manual e realizado somente até aos 30 dias após a emergência das plantas.

Após a implantação do experimento foram aplicadas duas lâminas de irrigação de 30 mm, a primeira dois dias após a implantação do experimento e a segunda vinte dias após.

### 3.5 Variáveis analisadas

#### 3.5.1 Crescimento da planta (Parte aérea)

Foram feitas amostragens para avaliação do crescimento em duas fases fenológicas da cana-de-açúcar, a primeira na fase de crescimento vegetativo (116 DAP), em 14/04/2012 e a segunda na fase de maturação (395 DAP), em 18/01/2013. Foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas nas três linhas centrais de cada parcela, onde foram coletados dados referentes à altura da planta, diâmetro do colmo, número de folhas (totalmente expandidas, com no mínimo 20% de área verde, contada a partir da folha +1), comprimento e largura da folha (+3), número de perfilhos. A partir das dimensões foliares e do número de folhas foi calculada a área foliar.

Com o auxílio de uma fita métrica foi mensurada a altura da planta, a partir do nível do solo até a lígula da folha (+1) sendo a primeira folha de cima para baixo com lígula totalmente visível. A medição do diâmetro do colmo foi realizada no terço médio do colmo da planta, utilizando-se um paquímetro. A área foliar foi estimada pelo método proposto por Hermann e Câmara (1999), onde se baseia em medidas lineares do comprimento e largura da folha (+3) e no número de folhas. Além dessas medições, foi quantificado o perfilhamento médio de cada linha, contando-se o número de plantas por metro de sulco, nas três linhas centrais da parcela.

#### 3.5.2 Sistema radicular

Após a colheita da cana-de-açúcar e a limpeza de toda área experimental, coletou-se amostras de solo + raízes com auxílio do trado tipo caneco (volume de 1,62 dm<sup>3</sup>), em três profundidades ao longo do perfil, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, para a avaliação do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, seguindo as recomendações metodológicas de Vasconcelos et al. (2003) com modificações. Em cada subamostra foram coletadas duas amostras de solo + raízes a 25 cm de distância de cada linha de cana-de-açúcar e à 20 cm de profundidade. As amostras de solo contendo raízes foram lavadas em peneiras com malha de 2 mm, e as raízes foram secas em estufa com ventilação forçada a 65°C, por 96 h. Posteriormente, foram pesadas em balança semianalítica e determinou-se o peso das raízes coletadas em cada parcela.

#### 3.5.3 Estado nutricional

Aos 305 DAP, em 20/10/2012 foi avaliado o estado nutricional da cana-de-açúcar por meio da coleta da folha (+3), contada a partir da primeira folha de cima para baixo com lígula

totalmente visível, coletando-se o terço médio da folha e excluindo-se a nervura central. Cada amostra foi constituída por 15 folhas, coletadas, aleatoriamente, dentro da área útil das parcelas. Em seguida, as amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C até atingirem peso constante. Após a secagem do material vegetal, as amostras, devidamente identificadas, foram moídas em um moinho tipo Willey e encaminhadas para análise do estado nutricional da planta, seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997). As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Análises de Solos e Calcários da Universidade Federal de Uberlândia – MG.

Para as determinações de fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S) realizou-se a digestão nitroperclórica. Para o Nitrogênio (N) adotou-se a digestão sulfúrica, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA, (2009).

#### 3.5.4 Análises fisiológicas

Para execução das análises fisiológicas, foram selecionadas e identificadas plantas com fita vermelha, sendo utilizada uma planta da linha central de cada parcela, descontando-se aproximadamente um metro das extremidades da linha para serem analisados: índice SPAD e eficiência fotoquímica, aos 367 DAP, em 21/12/2012. As avaliações foram realizadas nesse período propositalmente, com intuito de coincidir com o período de estiagem e causar estresse nas plantas.

##### 3.5.4.1 Índice SPAD

Foi realizada a medida indireta da clorofila (índice SPAD) através do método não destrutivo, utilizando-se o Clorofilômetro, SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, Japan), sendo registradas as médias obtidas de dez leituras por parcela, utilizando-se o terço médio da folha (+1) de cada planta.

##### 3.5.4.2 Eficiência fotoquímica

Avaliou-se a eficiência fotoquímica utilizando-se o limbo da parte central da folha (+1) de uma planta de cada parcela. A eficiência quântica máxima ( $F_v/F_m$ ) foi medida em dois horários: (1) às 5:30 da manhã, antes do amanhecer (medida de fotoinibição crônica) e (2) ao meio-dia (medida de fotoinibição dinâmica). As medidas foram quantificadas, *in vivo*, com um fluorômetro portátil do tipo WALZ-PAM-2500, que emprega a medição de luz por modulação em amplitude de pulso (PAM - "Pulse-Amplitude-Modulation"), para promover o fechamento

dos centros de reação do PSII, de acordo com o método descrito por Maxwell e Johnson (2000), sendo a  $F_v/F_m$  mensurada após condicionamento ao escuro, com pinças de metal, durante 20 minutos. A eficiência quântica efetiva do PSII ( $\Phi_{PSII}$ ) foi medida entre 8:00 horas e 10:00 horas da manhã nas mesmas folhas, conforme Schreiber et al. (1995).

### 3.5.5 Produtividade

Em 24/01/2013 aos 402 DAP, foi realizada a colheita do experimento. A área experimental foi queimada e cortada manualmente para a determinação da produtividade em toneladas de cana por hectare (TCH). Todos os colmos colhidos em cada parcela foram pesados com auxílio de um dinamômetro com capacidade de 1000 kg e precisão de 5 kg acoplado à uma carregadeira todas as linhas de cada parcela amostral.

**Figura 2 - Corte manual (A) e pesagem dos colmos com auxílio de um dinamômetro acoplado na carregadeira (B).**



Fonte: Autor, 2013.

### 3.5.6 Análises tecnológicas

Após a pesagem da área experimental, foram retirados de cada parcela subamostras com oito colmos cortados e posteriormente, estes feixes foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Sacaroses da Central Açucareira Santo Antônio S/A para determinação das variáveis agroindustriais: sólidos solúveis totais (BRIX), açúcares polarizáveis (POL), pureza da cana (PUREZA), fibra da cana (FIBRA), açúcares polarizáveis

da cana (PC), açúcares totais recuperáveis (ATR). Com base nas pesagens para determinação da TCH e da análise do PC, calculou-se as toneladas de pol por hectare (TPH). A TPH é calculada pela equação: 
$$TPH = \frac{TCH \times PC}{100}$$

### **3.6 Análises estáticas**

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey para dados qualitativos. Para os dados quantitativos foi aplicada a regressão e os resultados foram apresentados em forma de gráfico. Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Crescimento da planta (Parte aérea)

Observou-se que as características morfológicas: altura da planta, diâmetro do colmo, número de perfilhos por metro e área foliar não diferiram entre os genótipos de cana-de-açúcar na fase de máximo crescimento, aos 116 DAP. Somente o número de folhas por planta foi maior no genótipo RB011941 sendo superior em 11% e 9,16% aos genótipos RB92579 e RB991536, respectivamente. A aplicação do gesso mineral não influenciou nas características morfológicas da cana-de-açúcar na fase de crescimento máximo. Nas avaliações realizadas na fase de maturação, aos 395 DAP, os genótipos de cana-de-açúcar não diferiram nas características morfológicas: diâmetro do colmo, número de folhas e número de perfilhos. A altura da planta foi maior no genótipo RB92579, diferindo na ordem de 11,63% do genótipo RB991536, apresentando menor altura. A área foliar também diferiu entre os genótipos de cana-de-açúcar estudados, sendo o genótipo RB991536 com o maior valor encontrado aos 395 DAP neste estudo (Tabela 4).

**Tabela 4 - Altura da planta (ALT), diâmetro do colmo (DIÂM), número de folhas (N° FOLH), número de perfilhos (N° PERF) e área foliar (AF) de três materiais de cana-de-açúcar, aos 116 e 395 DAP na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

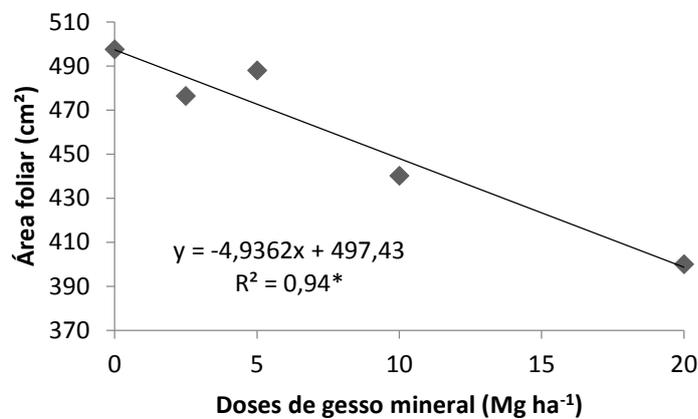
GENÓTIPO	Fase fenológica	ALT	DIÂM	N° de FOLH	N° de PERF	AF
		----- cm	-----			--- cm <sup>2</sup> ---
RB011941	116 DAP	60,00 a	2,20 a	6,55 a	18,63 a	344,49 a
	395 DAP	275,24 ab	2,90 a	4,70 a	13,03 a	424,45 b
RB92579	116 DAP	62,20 a	2,15 a	5,90 b	20,14 a	355,75 a
	395 DAP	290,25 a	2,95 a	4,60 a	12,44 a	439,23 b
RB991536	116 DAP	61,40 a	2,00 a	6,00 b	18,98 a	359,75 a
	395 DAP	260,00 a	3,10 a	4,20 a	12,90 a	517,55 a

Fonte: Autor, 2013.

Nota: Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As características morfológicas da cana-de-açúcar: altura da planta, diâmetro do colmo, número de folhas e número de perfilhos avaliadas no período de maturação, aos 395 DAP não foram influenciadas pelas doses de gesso mineral aplicada. Somente a área foliar foi influenciada pelo gesso mineral, que decresceu linearmente com o incremento das doses de gesso aplicado em avaliação na fase de maturação da cana-de-açúcar (Figura 3).

Figura 3 - Área foliar por planta da cana-de-açúcar, aos 395 DAP, em função de cinco doses de gesso mineral, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.



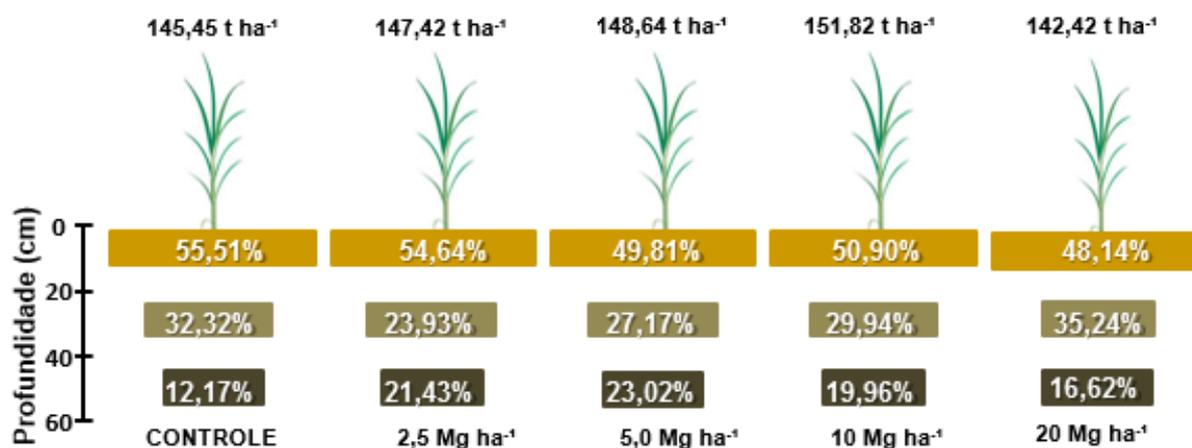
Fonte: Autor, 2013.

#### 4.2 Sistema radicular

Não houve diferença entre os genótipos de cana-de-açúcar na quantidade relativa de raízes no perfil do solo nas camadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade (Anexo 8).

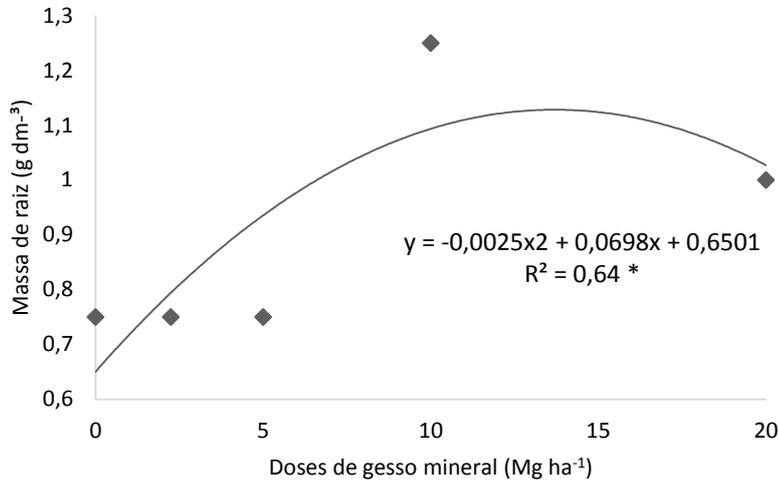
A aplicação de gesso mineral influenciou no aumento da quantidade relativa de raízes no perfil do solo nas camadas de 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade (Figura 5 e 6) respectivamente. Observou-se que o aumento máximo na quantidade de raízes foi na dose de 13,96 Mg ha<sup>-1</sup> e 12,54 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente de gesso nessas camadas do perfil solo.

Figura 4 - Distribuição relativa de raízes de cana-de-açúcar por volume de solo em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-20<sup>ns</sup>, 20-40\* e 40-60\* cm em função das doses de gesso mineral, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.



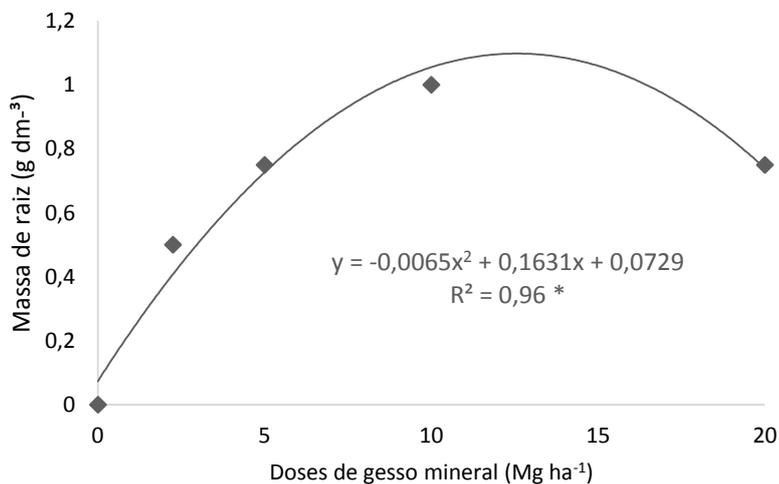
Fonte: Autor, 2013.

**Figura 5 - Análise do sistema radicular da cana-de-açúcar em função de cinco doses de gesso mineral no perfil do solo na camada de 20-40 cm de profundidade, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**



Fonte: Autor, 2013.

**Figura 6 - Análise do sistema radicular da cana-de-açúcar em função de cinco doses de gesso mineral no perfil do solo na camada de 40-60 cm de profundidade, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**



Fonte: Autor, 2013.

### 4.3 Estado nutricional

Os teores de nitrogênio e cálcio não diferiram entre os genótipos de cana-de-açúcar. No entanto o genótipo RB92579 apresentou níveis mais altos de fósforo e potássio em relação aos genótipos RB011941 e RB991536. O genótipo RB011941 apresentou os maiores teores de

magnésio e enxofre comparados aos outros dois genótipos (Tabela 7). O gesso mineral não influenciou o estado nutricional da cana-de-açúcar (Anexo 4).

**Tabela 5 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de três genótipos de cana-de-açúcar, aos 305 dias após o plantio (DAP) na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

GENÓTIPO	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----					
RB011941	14,60 a	1,15 b	14,20 ab	3,60 a	1,75 a	1,25 a
RB92579	15,65 a	1,65 a	14,55 a	3,10 a	1,25 b	1,05 b
RB991536	13,60 a	1,25 b	13,35 b	3,00 a	1,45 ab	1,05 b

Fonte: Autor, 2013.

Nota: Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

#### 4.4 Análises fisiológicas

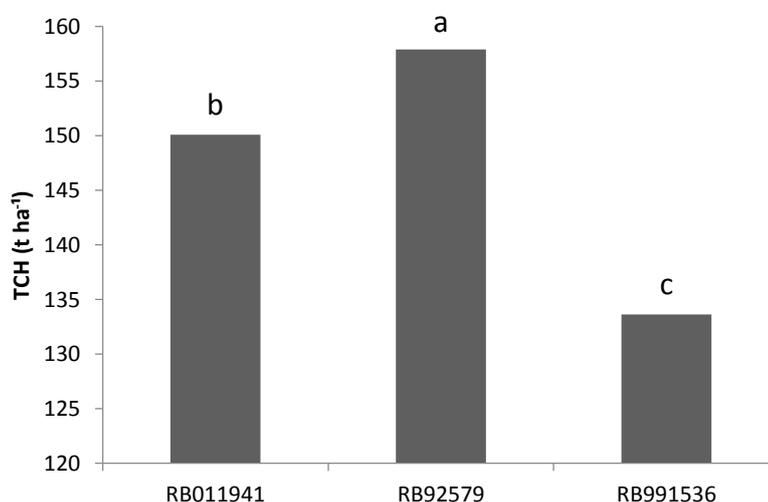
##### 4.4.1 Eficiência fotoquímica e índice SPAD

A eficiência fotoquímica e o índice SPAD não diferiram entre os genótipos de cana-de-açúcar e também não foram influenciados pelo gesso mineral nessa pesquisa (Anexo 5).

#### 4.5 Produtividade

A produtividade de colmos diferiu entre os genótipos de cana-de-açúcar. O genótipo RB92579 produziu TCH 11,3% superior à média dos outros dois genótipos (Figura 7). O gesso mineral não influenciou a produtividade de colmos e do açúcar nesse estudo (Anexo 6).

**Figura 7 - Produtividade de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**



Fonte: Autor, 2013.

#### 4.6 Análise tecnológica

A PUREZA e a FIBRA não diferiram entre os genótipos de cana-de-açúcar. Entretanto o teor de BRIX, POL, PC e ATR foram maiores no genótipo RB92579 em relação aos demais (Tabela 10).

A aplicação de gesso mineral não influenciou os parâmetros tecnológicos: BRIX, POL, PUREZA, FIBRA, PCC e ATR da cana (Anexo 7).

A produtividade de açúcar diferiu entre os genótipos de cana-de-açúcar. O genótipo RB92579 produziu TPH 7,97% superior à média dos outros dois genótipos (Figura 8). O gesso mineral não influenciou a produtividade do açúcar (TPH) nesse estudo (Anexo 6).

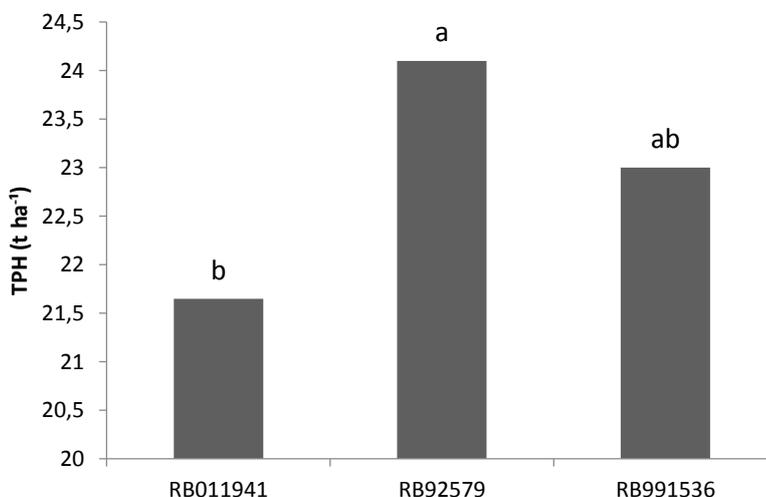
**Tabela 6 - Análise tecnológica: BRIX, POL, PUREZA, FIBRA, PC e ATR de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

GENÓTIPO	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	PC	ATR
	----- % -----					--- kg ---
RB92579	22,35 a	19,75 a	88,45 a	13,20 a	16,25 a	159,75 a
RB991536	21,20 b	18,55 b	88,35 a	13,50 a	15,30 b	150,00 b
RB011941	20,30 c	17,80 c	87,45 a	13,20 a	14,70 c	144,15 c

Fonte: Autor, 2013.

Nota: Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

**Figura 8 - Produtividade do açúcar (TPH) de três genótipos de cana-de-açúcar, na Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

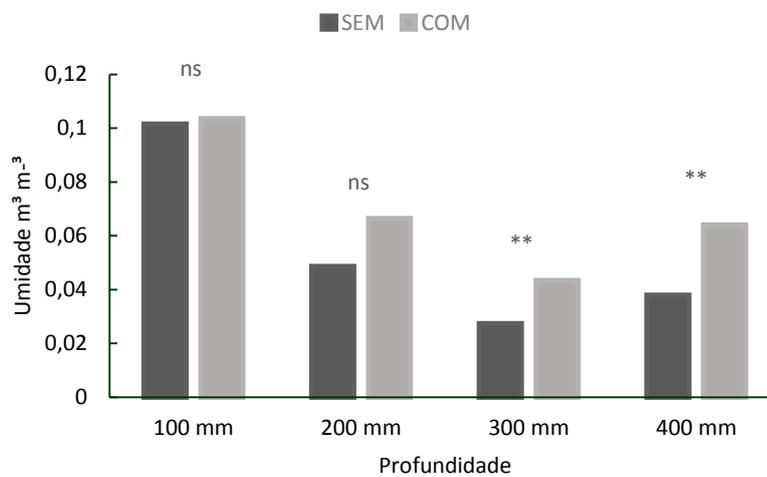


Fonte: Autor, 2013.

### 3.9 Determinação da umidade do solo

A umidade do solo foi influenciada pelas doses de gesso mineral, observando-se diferença significativa nas profundidades do perfil do solo de 30 cm e 40 cm, onde o tratamento com gesso apresentou umidade maior em relação ao tratamento sem gesso (Figura 9).

**Figura 9 - Umidade do solo sem e com 20 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso mineral no período de agosto a dezembro de 2013 nas profundidades de 10 cm, 20 cm, 30 cm e 40 cm de profundidade na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013. ns: não significativo; (\*\*)** significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste de F (Anexo 1).



Fonte: Autor, 2013.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Crescimento da planta (Parte aérea)

As características genotípicas da cana-de-açúcar definem a altura e o diâmetro do colmo, o número de folhas por planta, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciados pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. Nesta pesquisa os genótipos utilizados não diferiram na altura da planta em avaliação feita no crescimento vegetativo (116 DAP). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2004) que não observaram diferença significativa na altura da planta em estudos com três genótipos de cana planta no período de máximo crescimento vegetativo (135 DAP). Quando comparados os resultados desta pesquisa com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2004) em avaliação feita na fase fenológica de maturação os resultados divergem. Isso pode ser explicado devido as condições climáticas serem da região Centro-sul sendo diferentes da região do presente estudo.

Os genótipos avaliados não diferiram no diâmetro do colmo, tanto na avaliação feita no crescimento vegetativo (116 DAP), quanto para fase de maturação (395 DAP). Porém nota-se que houve aumento de 31%, 37% e 55% no diâmetro dos colmos dos genótipos RB011941, RB92579 e RB991536 respectivamente, quando comparado às duas épocas de avaliação. Esses aumentos acontecem após a fase de crescimento máximo, em seguida começa a fase de crescimento secundário e acúmulo de sacarose, parando o crescimento vertical e aumentando significativamente o crescimento em diâmetro. Resultados diferentes foram encontrados por Costa et al. (2011) que avaliaram o crescimento de quatro genótipos de cana-de-açúcar em Rio Largo – AL. Eles observaram que os genótipos diferiram no diâmetro do colmo, com médias de 2,33 cm na variedade RB92579, 2,36 cm na variedade SP791011, 2,27 cm na variedade RB93509 e 2,67 cm na variedade RB931530. Eles compararam as variedades no quarto ciclo de cultivo, que pode ter influenciado os resultados.

O número de folhas diferiu entre os genótipos em plantas jovens, ou seja, na avaliação realizada aos 116 DAP, houve diferença significativa entre os genótipos RB92579, RB991536 e RB011941 com médias de 5,90; 6,00 e 6,55 folhas planta<sup>-1</sup> respectivamente. Já na fase de maturação (395 DAP), não foi observada diferença entre os genótipos no número de folhas. Porém houve uma redução na ordem de 39,36%; 28,26% e 42,85% no número de folhas nos genótipos RB011941, RB92579 e RB991536 respectivamente. Essa redução é atribuída como uma estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção

dos tecidos (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SMIT; SINGELS, 2006; INMANBAMBER et al. 2008).

Nas duas fases de avaliações, aos 116 e 395 DAP os genótipos de cana-de-açúcar não diferiram entre si no número de perfilhos. Dentre os genótipos estudados, RB92579, foi o que apresentou maior redução no número de perfilhos com 61,89% entre as duas épocas de avaliação. O genótipo RB011941 apresentou menor redução no número de perfilhos (42,97%) entre as duas épocas. Silva et al. (2008) trabalhando com quatro variedades de cana-de-açúcar no primeiro ciclo de cultivo, encontraram reduções de 63,3%, 57,6%, 56,6% e 44,0% nas variedades RB867515, RB92579, RB93509 e Co997 respectivamente. Essa redução no perfilhamento tem sido atribuída ao aumento da competição pelos fatores de crescimento como: água, luz, nutriente e espaço, levando à morte daqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados. Costa et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes com presente estudo, apresentando média para avaliações feitas aos 120 DAP na ordem de 19 perfilhos metro<sup>-1</sup> e aos 360 DAP na ordem de 12 perfilhos por metro. Oliveira et al. (2004) em estudos do crescimento e desenvolvimento de três genótipos de cana-de-açúcar, observaram diferença no número de perfilhos em avaliações realizadas nas mesmas fases fenológicas do presente estudo, com médias de 9,2; 7,4 e 11,8 (135 DAP) e 9; 9,6 e 9,8 (377 DAP) perfilhos nos genótipos RB72454, RB855113 e RB855536 respectivamente.

A absorção dos fótons que impulsiona o processo fotossintético da planta é a folha e quanto maior a sua área maior será a interceptação de radiação. A área foliar não diferiu entre os genótipos na avaliação realizada no crescimento vegetativo (116 DAP). Costa et al. (2011) em avaliações feitas na mesma fase fenológica, obtiveram resultados equivalentes, apresentando médias em quatro genótipos de cana-de-açúcar valores entre 300 e 400 cm<sup>2</sup> por planta. Na avaliação realizada na fase de maturação (360 DAP), observou-se que a área foliar diferiu entre os genótipos.

As doses de gesso mineral não influenciaram em nenhum dos índices biométricos da cana-de-açúcar avaliados, exceto na área foliar na fase de maturação (395 DAP). Resultados semelhantes foram observados por Borges (2012), que em estudos de avaliação de crescimento da cana planta em função do uso e não de 1,9 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso mineral, não observou diferença significativa para nenhuma das variáveis analisadas: altura da planta, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar e número de perfilhos na fase de crescimento máximo e maturação.

## 5.2 Sistema radicular

A massa seca de raízes por volume de solo variou de acordo com a profundidade. A camada de 0-20 cm de profundidade foi quem apresentou a maior quantidade relativa de raízes sendo 71,91% e 183,3 % maior que nas camadas de 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade respectivamente. Valores semelhantes foram encontrados por Borges (2012) em estudos realizados sobre o efeito do gesso agrícola no crescimento e produção da cana-de-açúcar na zona da mata de Alagoas, obtendo valores de  $1,18 \text{ g dm}^{-3}$  (0-20 cm),  $0,83 \text{ g dm}^{-3}$  (20-40 cm) e  $0,46 \text{ g dm}^{-3}$  (40-60 cm).

Pesquisa realizada por Korndorfer et al. (1989) sobre o crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em latossolos vermelho-amarelos (LVA) observaram que no perfil do solo não ocorreu variações significativas na distribuição de raízes entre genótipos em ciclo de cana planta, corroborando com os resultados do presente estudo. Ainda segundo Korndorfer et al. (1989) foi observado que 90% da distribuição do sistema radicular foi concentrada na camada de 0 a 30 cm. Sampaio et al. (1987) identificaram que para as condições da região Nordeste 75% da massa radicular da cana-de-açúcar localizavam-se nos primeiros 20 cm da superfície do solo. Lee (1926), nas Ilhas Havaianas, verificou que 65% das raízes de cana-de-açúcar encontravam-se nos 20 cm superficiais. No presente estudo foi observado uma maior uniformidade em relação a distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar comparado com Korndorfer et al. (1989), Sampaio et al. (1987) e Lee (1926), tendo em média dos tratamentos aplicados 51,58% de raízes por volume de solo na camada arável. Essa uniformidade do desenvolvimento do sistema radicular pode ser atribuída aos benefícios causados pela aplicação de gesso mineral, uma vez que o gesso melhora as propriedades físico-químicas do solo, melhorando o ambiente edáfico, proporcionando um acesso maior das raízes em busca de água e nutrientes principalmente em épocas de estiagem (AGRONELI, 2008).

## 5.3 Estado nutricional

Os teores foliares dos macronutrientes da cana-de-açúcar obtidos foram comparados ao estado nutricional dos padrões propostos por vários autores para proporcionar altas produções (Tabela 1), tais como: Malavolta et al. (1997), Reis Jr. (1999) e Moura Filho et al. (2010) e Raij et al. (2011).

Os teores foliares de nitrogênio, encontrados no presente estudo estão abaixo dos padrões citados por Raij et al. (2011) e Malavolta et al. (1997), que encontra-se na faixa de  $18,0\text{-}25,0 \text{ g kg}^{-1}$  e  $19,0\text{-}21,0 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente, no entanto estão dentro dos intervalos

propostos por Moura Filho et al. (2010), 12,5-20,8 g kg<sup>-1</sup>. Essas relações possivelmente tornam-se verdadeiras, pois os genótipos utilizados por Raij et al. (2011) e Malavolta et al. (1997) eram de épocas antigas e ambientes edafoclimáticos diferentes do presente estudo, já os genótipos utilizados por Moura Filho et al. (2010), além de serem mais recentes, são de ambientes semelhantes ao desta pesquisa. Vale ressaltar que os resultados deste estudo (14,61 g kg<sup>-1</sup>) foram superiores comparados com os resultados de Reis Jr. (1999) (13,4 g kg<sup>-1</sup>).

Os valores de fósforo, potássio e cálcio da folha (+3) diferiram entre os genótipos utilizados. O genótipo RB92579 apresentou o maior teor de fósforo e o genótipo RB011941 apresentou o menor teor. Comparando a média do teor foliar de fósforo do presente estudo com os valores padrões citados pelos autores acima, nota-se que está abaixo dos teores citados por Raij et al. (2011), Malavolta et al. (1997) e Reis Jr. (1999), porém estão na faixa de concentração adequada citada por Moura Filho et al. (2010). Estudos conduzidos por Silva (2013) no município de Anadia – AL avaliou quatro genótipos de cana-de-açúcar em sequeiro e observou que os genótipos estudados diferiram no teor foliar de fósforo em função dos genótipos estudados, corroborando com os resultados desta pesquisa.

A média do teor foliar de potássio está dentro do intervalo adequado citado por Raij et al. (2011), Malavolta et al. (1997) e Moura Filho et al. (2010) e acima quando comparado com resultados de Reis Jr. (1999). Mendes (2006) avaliando a eficiência nutricional de oito genótipos de cana planta obteve teor médio de potássio de 14,00 g kg<sup>-1</sup> tal valor é exatamente igual ao encontrado neste estudo.

O teor de cálcio está na faixa de concentração adequada de acordo com Raij et al. (2011) e Moura Filho et al. (2010), porém abaixo do teor adequado citado por Malavolta et al., (1997) e acima do teor adequado afirmado por Reis Jr. (1999) que apresentam teores de 8,0-10,0 g kg<sup>-1</sup> e 3,0 g kg<sup>-1</sup> respectivamente.

O teor de magnésio diferiu entre os genótipos de cana-de-açúcar. O genótipo RB011941 apresentou o maior teor de magnésio e o genótipo RB92579 apresentou o menor teor. Os valores obtidos estão dentro da faixa adequada conforme Raij et al. (2011), levemente superior a Moura Filho et al. (2010) e bem abaixo de acordo com Malavolta et al. (1997) e Reis Jr. (1999). Mendes (2006) obteve teor médio para magnésio de 1,00 g kg<sup>-1</sup> tal valor é 48% inferior aos encontrados no presente estudo.

Assim como o magnésio, o teor de enxofre também diferiu entre os genótipos. O genótipo RB011941 apresentou o maior teor de enxofre. Os valores obtidos foram abaixo das faixas consideradas adequadas por Raij et al. (2011), Malavolta et al. (1997) e Reis Jr. (1999). Somente de acordo com Moura Filho et al. (2010) os valores estão dentro da faixa ideal para

obtenção de altas produções. Silva, (2013) e Faroni et al. (2009) encontraram resultados semelhantes ao do presente estudo, observando diferença entre os genótipos no teor de enxofre na folha.

Os valores médios dos macronutrientes no terço médio da folha (+3) dos genótipos RB011941, RB92579 e RB991536 submetidos a doses de gesso mineral apresentaram a seguinte ordem decrescente de concentração: nitrogênio > potássio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre, coincidindo com citação de Reis Jr. (1999).

O gesso mineral não interferiu no estado nutricional das plantas. Possivelmente foi reflexo do período de amostragem que foi realizado tardiamente, pois segundo Malavolta et al., (1997), Oliveira et al., (2007) e Raij, (2011), para a cultura da cana tem-se indicado para a diagnose foliar a coleta das folhas na fase de crescimento.

## **5.4 Análises fisiológicas**

### **5.4.1 Eficiência fotoquímica e Índice SPAD**

A aplicação de gesso mineral não influenciou na eficiência fotoquímica das plantas estudadas. Segundo o autor as doses de gesso não afetou o comportamento fotoquímico das folhas. No presente estudo os genótipos de cana-de-açúcar não diferiram entre si na eficiência fotoquímica. De acordo com Dias e Marengo (2007), valores de FV/FM medidos na antemanhã, ou seja, antes do amanhecer abaixo de 0,7 indicam uma fotoinibição crônica. Foi observado fotoinibição crônica apenas em um dos genótipos do presente estudo, RB92579 com média igual 0,67. Gonçalves et al. (2010) estudando o efeito do déficit hídrico em quatro genótipos de cana-de-açúcar observaram que os genótipos não diferiram quanto ao Fv/Fm. De acordo com o mesmo autor, o genótipo RB92579 apresentou um menor valor para FV/FM em relação aos outros genótipos, confirmando os resultados encontrados nesta pesquisa. Pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2007) com genótipos de cana-de-açúcar tolerantes ao estresse hídrico no sul do Texas também não foi observado diferença entre os genótipos. Ainda, segundo o autor, plantas que apresentam aparelho fotossintético intacto, encontram-se valores médios da relação FV/FM variando de 0,75 a 0,85, valores abaixo refletem danos fotooxidativos causados por fotoinibição no centro de reação do PSII. Os resultados do presente estudo estão dentro do intervalo estabelecido por Silva et al. (2007), indicando que as plantas não sofreram danos fotooxidativos.

A eficiência quântica efetiva (YEILD) não variou entre os genótipos e tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2010) em estudos conduzidos em casa de vegetação, avaliando seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico.

Wanderley Filho (2011), estudando bioestimulantes e enraizadores na cana-de-açúcar sob estresse hídrico, obteve resultados de YEILD variando de 0,29 a 0,55, valores abaixo dos encontrados neste estudo, que apresentaram médias de 0,57; 0,56 e 0,63 nos genótipos RB011941, RB92579 e Rb991536 (Tabela 8), respectivamente.

Silva et al. (2007) em estudos com quatro genótipos de cana-de-açúcar tolerantes ao estresse hídrico no sul do Texas não obteve diferença entre os genótipos no índice SPAD, avaliado 45 dias após o início dos tratamentos de irrigação, corroborando com os resultados desta pesquisa. No entanto, avaliando os aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico, Silva (2010) observou diferença no índice SPAD entre os genótipos utilizados, discordando dos resultados encontrados no presente estudo. Ainda segundo autor, os valores encontrados pelos seis genótipos com médias de 40,30; 40,87; 37,34; 38,85; 38,70 e 35,20 nos genótipos RB931011, RB931013; RB72910, CL001, CL002 e CL003, respectivamente foram bem superiores aos valores encontrado neste estudo.

Possivelmente não foi observado efeito significativo do gesso mineral para os índices fisiológicos (eficiência fotoquímica e índice SPAD) devido ao período de avaliação ter coincidido com a fase de início da senescência das folhas.

## 5.5 Produtividade

A produtividade média dos três genótipos de cana-de-açúcar ( $147,21 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi superior à média nacional e do estado de Alagoas  $70,29 \text{ t ha}^{-1}$  e  $63,97 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, segundo dados da CONAB, 2012. A produtividade alcançada no experimento é considerada alta para o estado de Alagoas segundo Oliveira et al. (2007). Pelo fato da máxima disponibilidade hídrica com a luminosa não coincidir, isso vai influenciar negativamente nas taxas fotossintéticas, resultando em menor produtividade em Alagoas, quando comparada ao Centro-Sul.

Vários autores encontraram em seus estudos, médias inferiores de produtividade as médias obtidas nesse estudo. Silva et al. (2007) em estudos conduzidos com oito genótipos de cana-de-açúcar em ambientes irrigados e de estresse hídrico no sul do Texas observaram maior produtividade de colmos no genótipo HOCP85845 obtendo médias de  $135,2 \text{ t há}^{-1}$  e  $107,0 \text{ t ha}^{-1}$  em ambientes bem irrigado e estresse hídrico respectivamente. Silva (2013) em pesquisa desenvolvida com quatro genótipos SP813250, RB92579, RB867515 e VAT90212 no município de Anadia – AL obteve uma produtividade média no ciclo de cana-planta de  $126,68 \text{ t ha}^{-1}$ . Gomes (2003), em Porto Feliz – SP, avaliou a produtividade de colmos em vários genótipos de cana planta e obteve média de  $107 \text{ t ha}^{-1}$ . Ainda segundo o autor, a produtividade

de colmos diferiu entre os genótipos avaliados. Em estudo conduzido por Calheiros et al. (2012), verificou-se rendimento de colmos na ordem de 98,4 t ha<sup>-1</sup> em cana planta com dois genótipos RB867615 e RB92579. Gava et al. (2010) obteve para a RB867515 em manejo de sequeiro em cana-planta 132 t ha<sup>-1</sup>. Borges (2012) trabalhando com cana-de-açúcar em função do uso e não de gesso mineral em sequeiro, obteve produtividade de 121,50 t ha<sup>-1</sup>, portanto abaixo da média do presente estudo.

As doses de gesso mineral não influenciaram a produtividade de colmos. De acordo com Borges (2012) também não houve interferência na produtividade de colmos por causa da aplicação das doses de gesso. Em estudos conduzidos por Rocha (2007), a aplicação de gesso não influenciou no rendimento de colmos da cana-de-açúcar, corroborando com os resultados encontrados.

A produtividade de açúcar do genótipo RB92579 superou os demais genótipos. Silva (2013) encontrou resultados diferentes dos encontrados no presente estudo. Segundo o autor, não observou diferença na produtividade de açúcar entre os genótipos SP813250, RB92579, RB867515 e VAT90212, dos quais apresentaram médias de 15,90; 16,49; 15,54 e 14,94 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A produtividade de açúcar não foi influenciada pelas doses de gesso mineral nesse estudo. Borges (2012) em estudos conduzidos em Capela – AL, observou resultados semelhantes para TPH, não ocorrendo influência das doses de gesso 0 e 1,9 Mg ha<sup>-1</sup>, que apresentaram médias de 17,32 e 17,13 t ha<sup>-1</sup>.

O gesso mineral não influenciou em nenhuma das variáveis de produção. Isso pode ser atribuído a química do solo. Vários autores (Sousa et al. 1992 e Oliveira et al. 2007) recomendam a aplicação de gesso mineral quando se verificam teores de Ca<sup>+2</sup> menores que 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e/ou quando a saturação por alumínio estiver maior que 20% na camada de 20 a 40 cm de profundidade no perfil do solo. No presente estudo os teores de Ca<sup>+2</sup> e saturação por alumínio (Tabela 2) estão dentro da faixa ideal para a cultura da cana-de-açúcar. Oliveira et al., (2007) cita que se os teores de Ca<sup>+2</sup> não forem muito baixos e/ou saturação por alumínio não for muito alta, a resposta ao gesso poderá ser menor que a esperada.

## 5.6 Análise Tecnológica

O teor de sólido solúveis (BRIX) diferiram entre os genótipos utilizados. O genótipo RB92579 apresentou o maior teor de BRIX e o genótipo RB011941 apresentou o menor teor. Oliveira et al. (2011) em estudos de avaliação da qualidade tecnológica de cinco genótipos de

cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos encontraram resultados semelhantes do presente estudo, observando diferença entre os genótipos analisados, obtendo médias sobre regime de sequeiro em cana planta de 21,2; 21,4 e 20,5 % nos genótipos RB92579, RB867515 e SP813250, respectivamente. No entanto, estudos conduzidos no norte do Paraná por Demetrio, Zonetti e Munhoz (2011) avaliando clones promissores de cana-de-açúcar quanto à resistência a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), os genótipos do estudo não diferiram para o teor de BRIX. Silva (2013) avaliando quatro genótipos de cana SP813250, RB92579, RB867515 e VAT90212 no município de Anadia – AL e Borges (2012) trabalhando com cana-de-açúcar em função de doses de gesso em sequeiro também não obtiveram diferença significativa para o teor de sólidos solúveis (BRIX), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

O teor de sólidos solúveis não foi influenciado pela aplicação de gesso mineral em estudos realizados por Borges (2012) no ciclo de cana planta. Rocha (2007), avaliou o gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e encontrou que a aplicação de gesso não influenciou o teor de BRIX, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

O teor aparente de sacarose no caldo (POL), variou entre os genótipos. O genótipo RB011941 apresentou maior teor de POL e o genótipo RB991536 o menor teor. Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha (2007) e Oliveira et al. (2011). Em estudo conduzido sob regime hídrico de sequeiro e irrigado, Oliveira et al. (2011) encontraram diferença entre os genótipos na áreas de sequeiro no ciclo de cana planta no teor aparente de sacarose no caldo, com valores de 18,2; 18,1 e 18,8 % para os genótipos RB92579, RB867515 e SP813250, respectivamente. Silva (2007) não observou diferença significativa no teor de POL para os genótipos SP813250, RB92579, RB867515, discordando do resultado encontrado no presente estudo.

As doses de gesso mineral não influenciou o teor aparente de sacarose (POL) em estudos conduzidos por Rocha (2007) na avaliação da melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar em função de doses de gesso no município de Sirinhaém, Litoral Sul de Pernambuco. Resultados semelhantes foram encontrados por Borges (2012), que utilizou duas doses de gesso 0 e 1,9 Mg há<sup>-1</sup> e obteve médias de 17,51 e 17,12% de POL, respectivamente.

A pureza do caldo e teor de fibra dos genótipos não diferiram neste estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por vários autores para o ciclo de cana planta, como Borges (2012), Oliveira et al. (2011), Rocha (2007) e Silva (2013). Para Fernandes (2000), o teor médio de fibra ideal deve-se situar-se entre 10 e 11%, sendo valores bem inferiores encontrados no presente estudo. Isso pode ocasionar aumento na resistência à extração do caldo, portanto

Oliveira et al. (2009) tem recomendado teor de fibra na ordem de 10,5 a 12,5 % para manutenção energética das indústrias de açúcar.

Também não ocorreu efeito das doses de gesso mineral no teor de fibra e pureza do caldo, mas comparado os valores encontrados neste estudo com os de Borges (2012) na pureza do caldo, observa-se que os valores estão bem acima dos encontrados pelo autor, sendo superior próximo a 3%.

O PCC e ATR foram distintos entre os genótipos RB011941; RB92579 e RB991536. Oliveira et al. (2011), em cultivo de sequeiro, não observou diferença significativa para o ATR entre RB92579, RB867515 e SP813250, que tiveram valores médios de 146, 151 e 148 kg t<sup>-1</sup>. O valor do genótipo RB92579 no presente estudo foi superior comparado com o autor, obtendo um valor de 5,79 % a mais de açúcar total recuperável (ATR).

As doses de gesso mineral não influenciaram no PCC e ATR. Resultado semelhante foi encontrado por Borges (2012).

## 6 CONCLUSÕES

O gesso mineral não influencia a maioria dos índices biométricos das plantas na fase de crescimento vegetativo, somente a área foliar diminuiu com o aumento das doses de gesso mineral na fase de maturação da cana-de-açúcar.

O gesso mineral melhora a umidade do solo nas camadas abaixo da camada arável e melhora a distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar.

As doses de gesso mineral aumentam a quantidade de raízes nas camadas mais profundas, onde o aumento máximo se dá nas doses  $13,96 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $12,54 \text{ Mg ha}^{-1}$  respectivamente proporcionando incremento da ordem de  $1,46 \text{ g dm}^{-3}$  e  $2,04 \text{ g dm}^{-3}$  respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ V. H.; DIAS, L. E. **Enxofre**. 1.ed. Viçosa: ABEAS/Universidade Federal de Viçosa, 1994. 106p.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM**, 2006, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 245-276.

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.

BARROS, M.de F.C. et al. Recuperação de solos salino-sódicos pelo uso de gesso e calcário. In: **FERTBIO 2002**. Anais... Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin, Springer- Verlag, 1979. 188p.

BORGES, D. H. A. **Efeito do silicato de cálcio e magnésio e do gesso agrícola no crescimento, produção e potencial hídrico da cana-de-açúcar**. Rio Largo - AL. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, 2012.

BRADY. N. C. **Natureza e Propriedade dos solos**. 7ed. New York: John Willey, 1989. 898p.

BRESSIANI, J.A. 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.

CALHEIROS, A. S. et al. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. Seminário: **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.

CASAGRANDE, A. A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

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.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Segundo Levantamento, agosto/2013, 7p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Primeiro Levantamento, abril/2012.

COSTA, T. S. et al. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

COSTA, C. T. S. **Crescimento, pigmentos fotossintéticos e produtividade de cana-de-açúcar (Saccharum sp.), no quarto ciclo de cultivo**. Rio Largo - AL. 18-24 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, 2009.

DAL BÓ, M.A. et al. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar: I. Movimentação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v.10, p.195-198, 1986.

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.

DEMETRIO, P. A.; ZONETTI, P. C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores RBs quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatrea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. **Iniciação Científica – CESUMAR**, v. 10, n.01, p. 13-16, 2008.

DIAS, D. P.; MARENCO; R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara 18 em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19 v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_68\\_22122006154840.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html) Acesso em 05 de março. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos. Embrapa Informática Agropecuária, v.2, p.107-184, 2009.

ESPIRONELO, A. et al. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana- soca). *Bragantia*, Campinas, v.45, p.377-382, 1986.

FANTE JÚNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. **Scientia Agricola**, v.51, p.513-518, 1994.

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

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

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PLAMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, p.537-539, 1969. (Citação de citação).

FREIRE, F. J. et al. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 4, p. 199-213, 2007.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

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.

GELAIN, E. et al. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. 2003. 23p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.

GONÇALVES, E. R. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, 2010.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 5, p. 32-34, 1999.

INMAN-BAMBER, N.G. et al. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.13-26, 2008.

INMAN-BAMBER, N.G. et al. Sugarcane physiology: integrating from cell to crop to advance sugarcane production. **Field Crops Research**, v.92, p.115-117, 2005.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v. 89, p. 107-122, 2004.

JORGE, L.A.C. et al. Aquisição de imagens de raises. In: JORGE, L.A.C., (Ed.). **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS**. São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1996. p. 2-28. (EMBRAPA-CNPDIA. Circular Técnica, 1).

KOPKE, U. Methods for studying root growth. In: **SYMPOSIUM ON THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZILIAN AGRICULTURE**, Londrina, 1980. Proceedings. Londrina: IAPAR, 1981. p.303-318.

KORNDORFER, G. H.; PRIMAVESI, O.; DEUBER, R. Crescimento e distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. Piracicaba: Cooperucar. 1989, n.47, p.32-36. (**Boletim Técnico 47**).

- 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 Agrônomo 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.
- LEE, H. A. The distribution of the roots of sugar cane in the soil in the Hawaiian Islands. **Plant Physiology**, v.1, p.363-378, 1926.
- 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.
- LUCCHESI. A. A. Cana-de-açúcar. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). *Ecofisiologia de culturas extrativistas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira*. Piracicaba: **Cosmópolis Stoller do Brasil**, 2001. v. 1, p. 13-45.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas – princípio e aplicações. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319p.
- MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. **ISSN 1678-1953**, Dezembro, 2012. 10p.
- 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.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **4 Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.
- MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006, 46p. Dissertação (Mestrado.) – UFV/Viçosa, 2006.
- 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 de cana de açúcar. In: **CONGRESSO NACIONAL DA STAB**, 4. 1987, Olinda. Anais... São Paulo: editora, 1987. p. 86-93.

MOURA FILHO, G. et al. Determinação de teores ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na Destilaria Japungu-PB, usando o método Chance Matemática (ChM). In: XXIX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 29. Guarapari, 2010. **Resumos Expandidos**. Guarapari: SBCS, 2010. (Em CD-ROM).

NASCIMENTO, C. W. A. Melhoria do ambiente radicular e fornecimento de nutrientes. Recife: UFRPE/Área de Solos, 2003. 9 p. Curso de Gestão Ambiental e otimização da exploração e utilização do gesso da Região do Araripe – PE.

NEIS, L. **Gesso agrícola em sistemas de manejo do solo e produtividade de soja na região do sudoeste de Goiás**. 2009. 49 f. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Jataí, 2009.

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, 2010.

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, 2011.

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. **Informe Agropecuário**, v. 28, n.239. Belo Horizonte. p. 30-43, 2007.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

OMETTO, J. C. Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: ESALQ, 1980. 19 p.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P. Levantamento do estado nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S em 16 variedades da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) pela análise foliar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.88, p.11-27, 1976.

PAVAN, M.; VOLKWEISS, S. J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINÁRIOS SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1. Brasília, 1985. **Anais**. Brasília, 1986. p.107-118.

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 Agrônomo de Campinas v. 1. p.179-204. 2008.

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. van Gesso na agricultura. Campinas: Instituto Agrônomo, 233 p. 2008.

RAIJ, B. V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (**Boletim Técnico**, 100).

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991. 13 343p.

REIS JR., R.A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**. 1999. 141f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

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

ROCHA, A. T. **Gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e industrial**. Recife - PE. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista-UNESP, Botucatu, 75p, 1995.

SALATA, J.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana de açúcar. *Stab: açúcar, álcool e subprodutos*, Piracicaba, v.14, n.1, p. 19-22, 1995.

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

SALDANHA, E. C. M. et al. Influência do estresse hídrico nos parâmetros de crescimento e acúmulo de N em variedades de cana-de-açúcar. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 29, ribeirão Preto, SP. 2003. CDRom.

SAMPAIO, E. V. S. B; SALCEDO, I. H. Eficiência de utilização de ureia – <sup>15</sup>N por cana-planta e três socas em tabuleiro costeiro de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 4, CONVENÇÃO DA ACTALAC, 7, Olinda, 1987. **Anais Olinda: STAB**, 1987. P.46-49.

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.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar In: PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p. 373-431, 1987.

- SCHREIBER, U. et al. 1995. Assessment of photosystem II photochemical quantum yield by chlorophyll fluorescence quenching analysis. **Australian Journal of Plant Physiology**, 209–220.
- SCHUURMANN, J.J.; GOEDEWAAGEN, M.A.J. Methods for the examination of root systems and roots. 2.ed. **Wageningen: Pudoc**, 1971. 86p.
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.
- SILVA, L. C. et al. Análise de crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar, em cana-planta, na região de Coruripe - AL. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais... STAB**, p. 574-579, 2008.
- SILVA, P. B. **Aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico**. 2010. Rio Largo - AL. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, 2010.
- SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Plant Physiology**, p. 193-201, 2007.
- SILVA, V. S. G. **Estado nutricional, qualidade industrial e produtividade de variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas**. Rio Largo - AL. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, 2013.
- SINGELS, A.; DONALDSON, R.A.; SMIT, M.A. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. *Field Crops Research*, v.92, p.291-303, 2005.
- SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.
- SORATTO, R. P. **Aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto**. 2005. 173 f. (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- SOUSA, D.M.G. et al. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, p. 262-264.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, p. 205-274.
- SOUZA, J. L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004.
- STIPP, S.R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, n. 129, p.14-20, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), baseados em parâmetros do solo e clima.** 2003. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. Setor Sucroenergético. Mapa da produção. São Paulo, 2013.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. Setor sucroenergético – histórico. Cultivo da cana hoje. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=9E97665F-3A81-46F2-BF69-26E00C323988>> Acesso em 28 de mar. 2012.

VASCONCELOS, A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana de açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** Viçosa, p. 849 – 858. 2003.

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

VITTI, G. C. et al. Uso de gesso em sistemas de produção agrícola. Piracicaba – SP, GAPE, 2008, 104 p.

VITTI, G. C. Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária. Piracicaba – SP: **Agronelli**, 2000, 30 p.

WANDERLEY FILHO, H. C. de L. **Uso de bioestimulantes e enraizadores no crescimento inicial e tolerância à seca em cana-de-açúcar.** Rio Largo - AL. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, 2011.

## APÊNDICE

**Apêndice 1 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 1% de probabilidade de erro, pelo teste F, para umidade do solo com e sem aplicação de gesso mineral no período de agosto a dezembro de 2013 nas profundidades de 10 cm, 20 cm, 30 cm e 40 cm de profundidade na área experimental da Usina Santo Antônio, São Luís do Quitunde, AL, 2013**

	10	20	30	40
	----- cm -----			
Dose (A)	0,0002 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>*</sup>	0,0032 <sup>*</sup>
Mês (B)	0,0003 <sup>ns</sup>	0,00313 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	0,0018 <sup>ns</sup>	0,00700 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>
Média	0,10	0,06	0,03	0,05

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Apêndice 2 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para análise biométrica da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, aos 116 dias após o plantio (DAP), em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	ALT	DIÂM	Nº de FOLH	Nº de PERF	AF por planta
	----- cm -----				---- cm ----
Genótipos (A)	24,80 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>*</sup>	12,55 <sup>ns</sup>	1251,68 <sup>ns</sup>
Doses (B)	43,60 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	7,64 <sup>ns</sup>	527,78 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	155,25 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	10,26 <sup>ns</sup>	5225,50 <sup>ns</sup>
MÉDIA	61,20	2,11	6,15	19,36	353,33
CV (%)	17,21	13,11	10,46	11,21	17,86

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.

**Apêndice 3 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para análise biométrica da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, aos 395 dias após o plantio (DAP), em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	ALT	DIÂM	Nº de FOLH	Nº de PERF	AF por planta
	----- cm -----				---- cm ----
Genótipos (A)	4575,40 <sup>*</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	50070,08 <sup>*</sup>
Doses (B)	432,57 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	8,78 <sup>*</sup>	19395,50 <sup>*</sup>
Interação (A x B)	184,12 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	6,86 <sup>*</sup>	4175,63 <sup>ns</sup>
MÉDIA	275,16	2,98	4,50	13,01	460,41
CV (%)	10,25	10,85	19,67	8,84	18,66

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.

**Apêndice 4 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, aos 300 dias após o plantio (DAP), em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	N	P	K	Ca	Mg	S
Varietades (A)	21,0166 <sup>ns</sup>	1,4000 <sup>*</sup>	7,6166 <sup>*</sup>	2,0666 <sup>ns</sup>	1,2666 <sup>*</sup>	0,2666 <sup>*</sup>
Doses (B)	5,2750 <sup>ns</sup>	0,2250 <sup>ns</sup>	1,1916 <sup>ns</sup>	0,0583 <sup>ns</sup>	0,1446 <sup>ns</sup>	0,0108 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	7,5375 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,8041 <sup>ns</sup>	0,4833 <sup>ns</sup>	0,0791 <sup>ns</sup>	0,0583 <sup>ns</sup>
MÉDIA	14,61	1,35	14,03	3,23	1,48	1,11
CV	11,33	3,7	4,05	7,04	8,71	5,17

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.

**Apêndice 5 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para análise da eficiência fotoquímica e índice SPAD da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, aos 367 dias após o plantio (DAP), em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	FV/FM (5h30min)	FV/FM (12h)	YEILD	SPAD
Genótipos (A)	0,006140 <sup>ns</sup>	0,020647 <sup>ns</sup>	0,025020 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>
Doses (B)	0,003086 <sup>ns</sup>	0,022547 <sup>ns</sup>	0,035102 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	0,006112 <sup>ns</sup>	0,012022 <sup>ns</sup>	0,007826 <sup>ns</sup>	22,73 <sup>ns</sup>
Média	0,58	0,29	0,69	21,03
CV (%)	17,4	8,57	11,03	17,63

ns: não significativo

**Apêndice 6 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para produtividade da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, em São Luis do Quitunde, AL, 2013.**

	TCH	TPH
Variedades (A)	3069.90 <sup>*</sup>	30,116667 <sup>*</sup>
Doses (B)	145.02 <sup>ns</sup>	12,41667 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	76.07 <sup>ns</sup>	3,741667 <sup>ns</sup>
MÉDIA	147,21	22,91
CV (%)	5,62	10,08

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.

**Apêndice 7 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para análise tecnológica da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	ANÁLISE TECNOLÓGICA					
	BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	PCC	ATR
Genótipos (A)	21,11 <sup>*</sup>	19,35 <sup>*</sup>	6,06 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	12,21 <sup>*</sup>	1242,15 <sup>*</sup>
Doses (B)	0,06 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	4,50 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>
Interação (A x B)	0,61 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	41,23 <sup>ns</sup>
MÉDIA	21,28	18,7	88,08	13,3	15,41	151,3
CV (%)	3,87	4,55	1,69	4,19	4,39	3,88

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.

**Apêndice 8 - Quadrados médios da análise de variância a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, para análise do sistema radicular da cana-de-açúcar em função de doses de gesso mineral no perfil do solo nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em São Luís do Quitunde, AL, 2013.**

	0-20	20-40	40-60
	----- cm -----		
Variedades (A)	0,08 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
Doses (B)	0,30 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>*</sup>	0,20 <sup>*</sup>
Interação (A x B)	0,38 <sup>*</sup>	0,97 <sup>*</sup>	0,16 <sup>*</sup>
Média	1,54	0,89	0,55
CV (%)	6,54	8,6	9,23

ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de F.