



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



**BENIGNO FRANÇA AMORIM DE ALMEIDA**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SILICATO E GESSO NO PLANTIO**

**RIO LARGO – AL**

**2013**

BENIGNO FRANÇA AMORIM DE ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SILICATO E GESSO NO PLANTIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em AGRONOMIA, com área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Laurício Endres

RIO LARGO – AL

2013

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

A447d Almeida, Benigno França Amorim de.  
Desenvolvimento e produção da soqueira de cana-de-açúcar em função da aplicação de silicato e gesso no plantio / Benigno França Amorim de Almeida. – 2013.  
98 f. : il.

Orientador: Laurício Endres.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia : Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2013.

Bibliografia: f. 64-74.  
Apêndices: f. 75-98.

1. Saccharum spp. 2. Cana-soca – Produtividade. 3. Silício – Adubação. 4. Sulfato de cálcio – Adubação. 5. Estresse hídrico. I. Título.

CDU: 633.61:631.82

TERMO DE APROVAÇÃO

**BENIGNO FRANÇA AMORIM DE ALMEIDA**

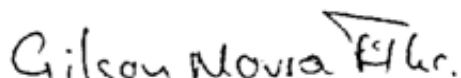
(Matrícula 11130205)


**DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SILICATO E GESSO NO PLANTIO**

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em vinte e sete de maio de 2013, 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.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. LAURÍCIO ENDRES  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA  
Membro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. GILSON MOURA FILHO  
Membro

  
\_\_\_\_\_  
Dr. ANDERSON CARLOS MARAFON  
Membro

“Ama-se mais o que se conquista com esforço.”

*Benjamin Disraeli*

*Mais uma vez, aos meus pais José Benigno de Almeida e Margareth de França que me deram  
a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade e que foram eternos  
investidores de confiança...*

*...a eles que se doaram inteiros e muitas vezes renunciaram aos seus sonhos,  
para que pudesse realizar os meus.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Para se chegar a algum lugar, realizar nossos sonhos e atingir objetivos, é preciso saber onde se está e aonde se quer chegar, definir todas as etapas e dar o primeiro passo. E em cada passo dado nessa nossa jornada encontramos pessoas que têm alguma importância, mesmo que não saibamos reconhecê-la de imediato. Não se caminha ou se chega a algum lugar sozinho. Gostaria de deixar registrado que seria impossível citar todas as pessoas que tiveram importância desde o início da minha formação pessoal e profissional, porém, sei o quão importante foram e são para mim e espero poder agradecer de alguma forma e em algum momento a cada uma delas.

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado à oportunidade de estar no mundo, me dado paciência e discernimento para enfrentar os entraves existentes nessa longa caminhada e principalmente por ter me dado um dom, o dom de plantar;

A minha irmã Crystal França, que apesar de nossas diferenças, será sempre uma referência intelectual em minha vida;

Aos meus companheiros diários Anthony Gomes, Jhonathan Gomes e Lídia Nathaly, que além de amigos tornaram-se irmãos, e fazem desta, uma jornada mais leve e divertida;

Aos meus amigos eternos Pedro Henrique, Everton Talvanes, Carlindo Nascimento e Felipe Vital pela presença constante nesses anos de convivência;

Aos meus amigos de pós-graduação, William Antônio, Tatiana Salvador, Maria Inajal, Djison Silvestre, Lucas Medeiros, José Jadilson e Letice Souza pela amizade nos bons e maus momentos, troca de saberes e incentivo nas dificuldades, contribuindo de forma positiva em todos os obstáculos vencidos;

Ao Centro de Ciências Agrárias, nas pessoas dos seus professores pela contribuição em seus ensinamentos e de seus funcionários pela contribuição técnica;

Ao Laboratório Ecofisiologia Vegetal por comprar a ideia do projeto e ceder todos os equipamentos, assistenciar e financiar em todas as etapas;

A Usina Capricho, nas pessoas do Sr. Fabrício Carvalho e Sr. Humberto Barros, pelo apoio e parceria na realização das atividades de campo;

A toda equipe do grupo de pesquisa do CNPq Fisiologia Vegetal, em especial ao Diogo Borges, Breno Bezerra, Israel Mariano, Romel Duarte, Felipe Cardoso, Paulo Clemente, Polyana Geysa, Paul Amaral, Luan Noberto, Jonas Alencar, Thiago Cândido, Iago Mendonça e Freds Fernando por toda dedicação, companheirismo e presteza com a pesquisa e principalmente por terem aumentado minha lista de amigos;

Aos pesquisadores Nelson Geraldo, Renan Cantalice e Anderson Marafon pelo auxílio, paciência, dedicação e orientação na condução desse trabalho, além da amizade construída;

Em especial aos professores José Vieira, Vilma Marques e Gilson Moura que fazem parte do grupo seletivo de mestres que se tornam grandes amigos;

Um agradecimento mais do que especial ao meu orientador Laurício Endres, pela oportunidade, orientação, amizade e conhecimento transmitido, acrescentando de forma fundamental na minha formação profissional;

E finalizo com a palavra mágica “OBRIGADO”, que mesmo sendo uma palavra que signifique tanto, ainda assim não é capaz de expressar por inteiro o quanto seu gesto atencioso e dedicado foi importante para mim.



## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do silicato de cálcio e magnésio e do gesso mineral sobre o desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar (2º ciclo). O experimento foi conduzido em área agrícola pertencente à Usina Capricho, localizada no município de Cajueiro, AL. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio (0, 1, 2, 3 e 4 Mg ha<sup>-1</sup>) (parcela) e duas doses de gesso agrícola (0 e 1,9 Mg ha<sup>-1</sup>) (sub-parcela). A sub-parcela foi constituída de cinco linhas de 10 m de comprimento com espaçamento de 1 m entre linhas. A variedade utilizada no experimento foi a RB92579. O diâmetro do colmo e a produtividade da cana-de-açúcar apresentaram acréscimo em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio. A presença do silicato de cálcio e magnésio e do gesso mineral proporcionou maior alocação de biomassa para o sistema radicular e melhor distribuição no perfil do solo. O gesso mineral proporcionou maior eficiência no uso da água para as plantas de cana-de-açúcar, além de ter influenciado positivamente na concentração foliar de cálcio, enxofre e silício.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp. Cana-soca. Silício. Sulfato de cálcio. Estresse hídrico. Produtividade.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of calcium and magnesium's silicate and gypsum on the development and production of sugarcane (2nd cycle). The experiment was conducted in the agricultural area belonging to the Capricho Sugar Mill, in the city of Cajueiro, AL. The experimental design was a randomized block in a split-plot with four replications. The treatments consisted of five doses of calcium and magnesium's silicate (0, 1, 2, 3 and 4 Mg ha<sup>-1</sup>) (plot) and two levels of gypsum (0 and 1.9 Mg ha<sup>-1</sup>) (sub -plot). The sub-plot consisted of five rows of 10 m length with a spacing of 1 m between rows. The variety used in the experiment was RB92579. Stem diameter and yield of sugarcane presented increase due to the application of calcium and magnesium's silicate. The presence of calcium and magnesium's silicate and gypsum provided greater biomass allocation to the root system and a better distribution in the soil profile. The gypsum provided greater efficiency in water use for plants of sugarcane, and has positively influenced the leaf concentration of calcium, sulfur and silicon.

**Keywords:** *Saccharum* spp. Cane ratoon. Silicon. Calcium sulfate. Water stress. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação pluviométrica do período de cultivo referente ao 2º ciclo na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012..... 30
- Figura 2** - Umidade do solo ( $m^{-3}.m^{-3}$ ) no decorrer do período de estiagem na área do experimento, nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012 ..... 35
- Figura 3** - Temperatura (A), umidade relativa (B), radiação solar (C) e DPV (D) da área do experimento, medidas por 12 horas no dia da coleta dos dados fisiológicos, aos 370 dias após a colheita (DAC), Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. .... 38
- Figura 4** - Massa seca de raízes de cana-de-açúcar (2º ciclo) por volume de solo em função dos tratamentos aplicados, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias sobrescritas por letras distintas diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey..... 44
- Figura 5** - Distribuição relativa de raízes de cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio e de gesso, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. .... 45
- Figura 6** - Diâmetro do colmo da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 390 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F..... 47
- Figura 7** - Diâmetro do colmo da cana-de-açúcar (2º ciclo), em função da interação gesso x tempo, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012..... 49
- Figura 8** - Área foliar da cana-de-açúcar (2º ciclo), em função da interação gesso x tempo, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. .... 50
- Figura 9** - Rendimento de colmos (TCH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F..... 59

**Figura 10** - Rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F ..... 60

**Figura 11** - Receita por hectare da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função do uso ou não de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F ..... 61

**Figura 12** - Receita por hectare de cana-de-açúcar (2º ciclo) em função do uso ou não de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste F ..... 62

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Caracterização química e física do solo da área experimental em três profundidades, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011. SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação por Bases; m: Saturação por alumínio. DS: Densidade do Solo; DP: Densidade da Partícula; PT: Porosidade Total; CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente..... 31
- Tabela 2** - Caracterização do gesso agrícola utilizado na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011. .... 33
- Tabela 3** - Caracterização química e física da escória siderúrgica utilizada na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011. PN: poder de neutralização; RE: reatividade; PRNT: poder relativo de neutralização total. .... 33
- Tabela 4** - Teores dos minerais presentes na camada de 20-40 do solo após um ano de cultivo, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Significativo a 4% pelo teste F. .... 42
- Tabela 5** - Teores dos minerais presentes na camada de 20-40 do solo após um ano de cultivo, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. .... 43
- Tabela 6** - Umidade volumétrica do solo ( $m^{-3}m^{-3}$ ), em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio em quatro profundidades e em três épocas, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (\*) significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. .... 43
- Tabela 7** - Análise biométrica da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 90, 300 e 390 dias de desenvolvimento da cultura (DDC) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F..... 46

**Tabela 8** - Análise biométrica da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 90, 300 e 390 DDC, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ..... 48

**Tabela 9** - Índice SPAD, potencial hídrico, eficiência quântica máxima do PSII e eficiência quântica efetiva da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F..... 51

**Tabela 10** - Índice SPAD, potencial hídrico, eficiência quântica máxima do PSII e eficiência quântica efetiva da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC, em função da aplicação de gesso, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F..... 52

**Tabela 11** - Fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F..... 53

**Tabela 12** - Fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F ..... 54

**Tabela 13** - Teores de nutrientes em folha da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 300 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*) significativo ao nível de 5% ..... 56

**Tabela 14** - Teores de nutrientes em folha da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 300 DDC, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*) significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F..... 57

**Tabela 15** - Características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função de doses de silício aplicadas isoladamente ou associadas ao gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo pelo Teste F; CV1 (%): coeficiente de variação referente às parcelas; CV2 (%): coeficiente de variação referente às subparcelas ..... 58

**Tabela 16** - Rendimento de colmos (TCH) e rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste F ..... 59

**Tabela 17** - Rendimento de colmos (TPH) e rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F..... 61

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1 - Área foliar (AF)</b> .....	35
<b>Equação 2 - Déficit de pressão de vapor (DPV)</b> .....	38
<b>Equação 3 - Valor médio da tonelada de cana (V)</b> .....	40



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 A fisiologia vegetal.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 A cana-de-açúcar.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 A nutrição mineral .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 O estresse hídrico .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5 O uso do silicato na agricultura .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 O uso do gesso na agricultura .....</b>	<b>27</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Caracterização do ambiente experimental.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Caracterização da variedade .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Definição dos tratamentos e procedimentos experimentais.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4 Determinação da umidade do solo.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Avaliações de crescimento.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6 Análises químicas do tecido foliar .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7 Potencial hídrico foliar.....</b>	<b>36</b>
<b>3.8 Índice SPAD .....</b>	<b>36</b>
<b>3.9 Eficiência fotoquímica.....</b>	<b>37</b>
<b>3.10 Trocas gasosas .....</b>	<b>37</b>
<b>3.11 Condições ambientais.....</b>	<b>37</b>
<b>3.12 Variáveis agroindustriais .....</b>	<b>39</b>
<b>3.13 Produtividade .....</b>	<b>39</b>
<b>3.14 Avaliação do desenvolvimento radicular.....</b>	<b>40</b>
<b>3.15 Análise econômica .....</b>	<b>40</b>

<b>3.16 Análises estatísticas .....</b>	<b>41</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Avaliações agronômicas e fenológicas .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 Avaliações fisiológicas e nutricionais .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Avaliações agroindustriais e produtividade .....</b>	<b>57</b>
<b>4.4 Análise econômica .....</b>	<b>61</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar apresentou expansão significativa nos últimos anos no Brasil, sobretudo por representar a cadeia produtiva de maior importância no cenário energético mundial, sendo fonte de matéria prima, principalmente, para a produção de açúcar, álcool e bioeletricidade.

O Brasil é o maior produtor dessa cultura no mundo com produção total estimada na safra 2012/2013 de 595,13 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, que serão esmagadas e transformadas em 37,66 milhões de toneladas de açúcar, 9,66 bilhões de litros de etanol anidro e 13,96 bilhões de litros de etanol hidratado. Toda essa produção numa área plantada de 8,5 milhões de hectares, alcançando produtividades médias de 69,8 Mg/ha<sup>-1</sup>. Desse montante, Alagoas é responsável por 23,6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em 445,7 mil hectares plantados, com uma produtividade média de 53 69,8 Mg/ha<sup>-1</sup>, estimados para safra 2012/2013 (CONAB, 2012).

No estado de Alagoas, o cultivo da cana-de-açúcar está distribuído pelas regiões Litorânea, Zona da Mata e parte do Agreste, contando com 24 unidades de processamento espalhadas pelo estado. A maior parte da área plantada com cana-de-açúcar em Alagoas se encontra na Zona da Mata, porém, a cultura está propensa a enfrentar períodos de seca severa, reduzindo o potencial hídrico da cultura e comprometendo drasticamente a produtividade dos canaviais, levando a uma variação muito grande de produção entre as safras (BORGES, 2012).

Embora a cana-de-açúcar seja uma espécie muito rústica, é óbvio que a economicidade de sua produção agroindustrial é gradativamente prejudicada à medida que as características ambientais tornam-se mais hostis (KOFFLER & DONZELI, 1987). As condições climáticas que influenciaram as safras 2011/12 foram distintas sendo que o ano de 2011 foi favorável ao desenvolvimento da cana-de-açúcar e, em 2012, quando a seca atingiu a região e castigou os canaviais, dificultando a brotação de socarias e atrasando o desenvolvimento da cultura (CONAB, 2012).

Os períodos de deficiência hídrica podem afetar negativamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, principalmente, pela redução da fotossíntese causada pelo fechamento estomático. No entanto, a capacidade da planta responder e sobreviver a essa deficiência hídrica depende dos mecanismos internos expressados pelas suas

respostas celulares. As respostas à seca podem ocorrer na planta dentro de poucos segundos, minutos ou até mesmo após horas, como uma mudança na expressão gênica (BRAY, 1997).

Para mitigar o efeito do déficit hídrico sobre a produção da cana-de-açúcar, Farias (2000) relata que o uso de silicato pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico. De acordo com esse autor, quanto maior o teor de silício na planta, maior a tolerância à falta de água no solo.

Os solos tropicais e subtropicais apresentam, geralmente, baixos teores de silício prontamente disponível para as plantas. O manejo intensivo e a monocultura podem levar rapidamente ao esgotamento de silício no solo e, como consequência, reduzir a sustentabilidade de diversas culturas (KORNDÖRFER et al., 2002).

A cana-de-açúcar é considerada uma espécie acumuladora de silício, com uma concentração de 0,14% desse elemento nas folhas jovens, podendo chegar até 6,7% nos colmos e folhas velhas (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). A cultura pode extrair do solo até 500 kg de silício por hectare em condições de suprimento adequado desse elemento (KORNDÖRFER et al., 2002).

O silicato de cálcio e magnésio também tem ação neutralizadora sobre a acidez do solo, apresentando resultados iguais e até superiores ao calcário quando se pretendeu aumentar o pH do solo, além de apresentar solubilidade mais alta que o mesmo, antecipando assim as reações sofridas no solo e podendo até ter ação em camadas mais profundas no perfil do solo (PRADO et al., 2003). Esse resíduo também apresenta resultados ao longo dos anos de cultivo, apresentando assim um efeito residual no solo, resultando em incrementos agrícolas nos anos subsequentes a aplicação. É possível que o maior efeito residual dos silicatos no solo, com o uso da escória, seja devido a um equilíbrio químico, ou seja, com a solubilização da escória, obtém-se um incremento inicial do valor pH e da concentração de Ca. Esse aumento pressupõe decréscimos na dissolução da escória, uma vez que a solubilidade desse material em solução aquosa diminui com o aumento do pH e da concentração de Ca da solução (Kato & Owa, 1996).

Outro fator limitante ao desenvolvimento da cultura é o impedimento do aprofundamento radicular, efeito esse que está relacionado com a acidez e os altos teores de alumínio trocável além da baixa disponibilidade de cálcio na subsuperfície. Contudo, a aplicação de gesso agrícola pode atuar nessas características favorecendo assim um melhor desenvolvimento das raízes, aumentando a área explorada pelo mesmo, que vai resultar numa maior capacidade de absorção de água e nutrientes pela cultura.

Para a correção da acidez, sobretudo aquela ocasionada por elevados teores de alumínio trocável, usualmente se utilizam corretivos químicos à base de carbonato de cálcio (calcário). Contudo, os efeitos ficam restritos à camada arável ou superficial do solo, pouco excedendo 15 a 20 cm de profundidade no perfil, em vista das dificuldades encontradas para a incorporação mecânica dos corretivos a profundidades mais elevadas. Segundo Quaggio (2000), nesta situação, o uso do gesso agrícola aparece como solução para este problema devido à sua rápida mobilidade na camada arável, indo se movimentar para abaixo desta, as principais propriedades do gesso agrícola são: (1) o seu poder neutralizante e a sua alta solubilidade, fazendo com que consiga atingir camadas mais profundas no perfil do solo e por fim, (2) o fornecimento de cálcio e enxofre, nutrientes considerados essenciais para as plantas.

Conforme Stipp & Casarin (2010), o Brasil consome cerca de 1,6 milhões de toneladas anuais de enxofre elementar, importando 90% desse total, devido a pequena produção nacional. Essas estatísticas poderiam ser diferentes se a utilização do gesso agrícola na agricultura fosse mais expressiva

A hipótese sugerida neste trabalho foi a de que a aplicação de silicato de cálcio e magnésio associado ao gesso mineral no plantio pudesse minimizar os efeitos fisiológicos da deficiência hídrica e aumentar a produtividade da soqueira de cana-de-açúcar (2º ciclo). Desta forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência das plantas ao estresse hídrico e a produtividade da cana-de-açúcar cultivada na Zona da Mata do Estado de Alagoas em resposta a aplicação de silicato de cálcio e magnésio associado ao gesso mineral.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A fisiologia vegetal

A fisiologia vegetal, como ciência, é a parte que estuda as atividades metabólicas e funcionais das plantas. Ao longo dos anos a compreensão da fisiologia das plantas cultivadas possibilitou manejo mais adequado de cada espécie, resultando em aumento da produtividade e racionalização no uso dos recursos de produção (LIMA, 2008). Esta ciência se desenvolveu na Europa e depois nos Estados Unidos, tendo preocupação evidente com o comportamento vegetal nas condições ambientais daquelas regiões de clima temperado. Entretanto, os estresses ambientais ocorridos nas regiões tropicais e/ou subtropicais são bastante diferentes daquelas dos países temperadas, tendo outras preocupações como o excesso de radiação, temperatura e deficiência de nutrientes e hídrica (PIMENTEL, 1998).

Segundo Maestri (2000), a consolidação definitiva da fisiologia vegetal no Brasil ocorreu no início da década de 70 com o apoio governamental ao desenvolvimento de pesquisa no país. Assim algumas questões da atualidade só podem ser respondidas com base na fisiologia vegetal, fazendo com que essa ciência se destaque como um dos pontos básicos para se avançar no cultivo e, principalmente, no entendimento das respostas das plantas. Soluções que amenizem os efeitos das mudanças climáticas, problemas sem precedentes na história, implicações da poluição crescente no mundo sobre as plantas entre outras, são questões que nenhuma ciência sem o entendimento da fisiologia da planta seria capaz de responder.

Desta forma, Lima (2008) afirma que a fisiologia vegetal contribuiu e ainda tem muito a contribuir para a inovação de técnicas que possam ser utilizadas em diversas culturas, podendo resultar em aumento significativo, não somente de produtividade, mas também de qualidade de produto, uma exigência crescente do mercado mundial.

### 2.2 A cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea pertencente à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, sub-classe Commilnidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogonoe e sub-tribo Saccharininae (LUCCHESI, 2001). A espécie é conhecida desde 8000 a.C., cultivada por horticultores neolíticos em Nova Guiné. De lá,

progressivamente, difundiu-se pela China e Índia (FAUCONNIER, 1991). Foi introduzida no Brasil por Martim Afonso de Souza em 1522 (FERNANDES, 1990).

Machado Jr. (1993) relata que o melhoramento genético da cana-de-açúcar começou ao mesmo tempo do seu cultivo, pois o homem primitivo deve ter selecionado variedades com base no maior teor de sacarose e no menor teor de fibra, ou ainda com base no seu aspecto morfológico. De acordo com Matsuoka et al. (1999), a cana nobre, foi utilizada como base para cruzamentos em melhoramento genético devido à maior riqueza em açúcar.

No entanto, atualmente 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 sendo que a área cultivada na safra 2012/2013 está estimada em 8.527,8 mil ha<sup>-1</sup> e a previsão é de que o total de cana moída seja de 596,63 milhões de toneladas de colmos, convertidos em uma produção total de açúcar estimada em 38,99 milhões de toneladas e para etanol estimada em 23,49 bilhões de litros. A produtividade média nesta safra deve ser de 70 Mg ha<sup>-1</sup>, 4,3% maior que na safra anterior (2011/12), que foi de 68 Mg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012).

A cultura da cana-de-açúcar é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas, sofrendo a influência de fatores como: a precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar e insolação. Estas variáveis são condicionantes climáticos importantes na determinação da disponibilidade hídrica e térmica para a cultura da cana-de-açúcar e têm efeito sobre o comportamento fisiológico das plantas em relação ao metabolismo de crescimento e desenvolvimento dos colmos, ao florescimento, a maturação e a produtividade (MELO, 1999). Em condições tropicais, por ser dotada de metabolismo C4, a planta tem como principal característica elevadas taxas fotossintéticas, sendo altamente eficiente na conversão de energia luminosa em energia química. A espécie produz muitos perfilhos, em seu desenvolvimento inicial, cada qual com diversos nós separados por entrenós, que por sua vez 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).

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, são definidos por características inerentes de cada genótipo, sendo a expressão destes caracteres muito

influenciada pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. As características das variedades influenciam a eficiência fotossintética da cana-de-açúcar, além das variações climáticas que prevalecem durante todo o desenvolvimento (RODRIGUES, 1995).

Morfologicamente, a cana-de-açúcar apresenta três tipos básicos de raízes: superficial, de fixação e de cordão (ALMEIDA, 2010), que segundo Sampaio et al. (1995) podem atingir até 4 m de profundidade.

Afirmado por Teramoto (2003), a disponibilidade hídrica é o principal fator climático causador de oscilações na produtividade da cana-de-açúcar. Segundo Scardua & 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).

Nos primeiros meses, a quantidade de água necessária pela cultura é relativamente pequena, porém, quando a planta encontra-se em pleno estágio de desenvolvimento vegetativo, são exigidas grandes volumes de água (FAUCONNIER & BASSEREAU, 1975), sendo que a cana-de-açúcar necessita de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca durante todo o período de crescimento (DILLEWIJN, 1952).

De acordo com Madeiros et al. (2009), a irrigação suplementar da cana-de-açúcar, nos períodos de estiagem, se faz necessária na região Nordeste, pois essa cultura sofre grandes quedas de produtividade sob condições de estresse hídrico prolongado. No entanto, deve-se buscar formas de melhorar o aproveitamento da água irrigada e a eficiência no uso da água pelas plantas.

Inman-Bamber (2004) relata que 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.

## **2.2 A nutrição mineral**

A agricultura brasileira experimentou grande desenvolvimento durante os últimos 100 anos, e mais notadamente nas últimas três décadas. Entre os componentes para este desenvolvimento podem ser citados: 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 & GUILHERME, 2007).



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. Esta variabilidade genética refere-se a características hereditárias de uma espécie vegetal ou cultivar, a qual apresenta diferença de crescimento ou produção em comparação com outra espécie ou cultivar, sob condições ideais ou adversas (FAGERIA, 1998).

Dezessete elementos são considerados essenciais ao crescimento das plantas: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) (MEURER, 2007). Segundo Malavolta (1974), a intensidade de absorção dos macronutrientes durante o ciclo de vida da cana-de-açúcar é diferente de elemento para elemento; e no caso de um mesmo elemento é maior ou menor, de acordo com o período considerado.

Analisando três cultivares de cana-de-açúcar (CB 41-76; CO 740; IAC 52/326), Casagrande (1991) cita que, a ordem de absorção de nutrientes para a cana planta foi:  $N > K > Ca > Mg \geq S > P$  em latossolo vermelho escuro (LE);  $K > N > Ca > Mg > S > P$  em solo latossolo roxo (LR) e  $K > N > Ca > Mg > P \geq S$  para solo podzólico latossólico (PVL). Já para cana soca, a ordem foi:  $K > N > Mg > Ca > S > P$  em solo LE;  $K > N > Mg > Ca \geq P > S$  em solo LR e  $K > N > Mg > Ca > P > S$  em solo PVL. Para os micronutrientes, a ordem foi:  $Fe > Zn > Mn > B \geq Cu$ .

Segundo Domingos (1995), deve-se observar que, para a maioria dos elementos minerais, o pico de absorção na cana-planta acontece na segunda metade do grande período, ou seja, dos 9 meses em diante. Para a cana soca, o pico de absorção ocorre na primeira metade do grande período, ou seja, até os seis meses de idade.

## 2.4 O estresse hídrico

No ambiente de crescimento, as plantas podem ser submetidas a diferentes condições adversas, o que terá como consequência o estresse, afetando diretamente seu crescimento, desenvolvimento e produtividade, ou seja, a planta não será capaz de expressar seu potencial máximo. Esses estresses podem ser de origem biótica ou abiótica, podendo ocorrer de forma isolada ou concomitante. Dentre os abióticos, os de ocorrência comum são: salinidade, déficit hídrico, deficiência ou excesso de nutrientes minerais, além de altas e baixas temperaturas (BRAY, 1997; LAWLOR, 2002; CAMBRAIA, 2005).

Embora a água seja o componente mais abundante na natureza, ela constitui-se no fator limitante mais comum para o desenvolvimento das plantas (KRAMER, 1969), sendo também o fator predominante da distribuição geográfica da vegetação numa escala global (SCHULZE, 1986).

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo. Desde os antigos povos sumérios, o homem tem procurado uma alternativa mais efetiva do aproveitamento da água para superar os efeitos do déficit hídrico às plantas (SANTOS & CARLESSO, 1998).

A disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, sendo que a sua redução ou o seu excesso podem afetar de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas (Reichardt, 1996), pois alterando a absorção dos nutrientes e da própria água (Humbret, 1968).

Quando a demanda de água da planta e da atmosfera é suprida pela intensidade de fluxo de água do solo para as raízes, a água encontra-se disponível às plantas. A planta entrará em estresse hídrico quando esse fluxo de água não mais suprir essa demanda. A partir do início do estresse hídrico iniciam-se alterações dentro das plantas, que intensificam a síntese de etileno, provocando a queda de folhas, reduzindo a área foliar, diminuindo assim a perda de água pelas plantas por evapotranspiração, aumentando nas folhas remanescentes o seu potencial hídrico (CASTRO, 1994).

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree & Fernández (1989) e Taiz & Zeiger (1998), consiste em decréscimos na produção, da área foliar, e no fechamento dos estômatos, bem como na aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas à situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando-a para períodos posteriores.

Segundo Larcher (2004), na presença de estresse hídrico, a planta passa por uma sucessão de fases. Assim na fase de alarme se inicia a reação ao estresse, ocorrendo perda da estabilidade de proteínas e biomembranas. Já na fase de resistência, ocorrem processos de reparação, como a síntese proteica e de substâncias de proteção, aumentando a resistência do organismo vegetal. No entanto, se o estresse persistir pode provocar a suscetibilidade das plantas às infecções que ocorrem em consequência da diminuição das defesas culminando com a fase final, ou seja, a morte da planta.

A deficiência hídrica presente nos períodos de seca pode afetar negativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas principalmente pela redução da

fotossíntese causada pelo fechamento estomático. No entanto, a capacidade da planta em responder e sobreviver à essa deficiência hídrica depende dos mecanismos internos expressados pelas respostas celulares da planta. Neste sentido, as respostas da planta à falta d'água podem ocorrer dentro de poucos segundos, minutos ou até mesmo horas, como uma mudança na expressão gênica (BRAY, 1997).

No caso da cana-de-açúcar foi verificado por Inman Bamber & Smit (2005) alguns mecanismos distintos em função da falta de água, dando destaque para o controle estomático, enrolamento foliar, tamanho e distribuição do sistema radicular.

## 2.5 O uso do silicato na agricultura

Os silicatos provenientes das escórias de siderurgia podem ser utilizados na agricultura basicamente como fornecedores de cálcio, magnésio e silício para as culturas, ou também, como corretivo da acidez do solo. Porém, estes materiais, apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializados para esse fim (QUAGGIO, 2000). Prado & Fernandes (2001) relatam que com a aplicação de escória de siderurgia, ocorre normalmente a correção da acidez do solo, ou seja, aumento do pH e precipitação de alumínio e manganês tóxicos tendo em vista a ação do silicato de cálcio, devido à base química  $\text{SiO}_3^{-2}$ .

Visto que os solos das regiões tropicais e subtropicais apresentam, geralmente, baixos teores de silício prontamente disponível para as plantas, e que várias classes destes solos encontrados nestas regiões possuem alto grau de intemperismo, baixo pH e são pobres em nutrientes, os mesmos tornam-se altamente dependentes da correção química (PEREIRA et al., 2004). Por isso, o silicato de cálcio e magnésio é uma ótima alternativa para a correção e o suprimento de nutrientes nestes solos.

O silício (Si) é o segundo elemento de maior abundância na crosta terrestre, perdendo apenas para o oxigênio. Ele se acumula nos tecidos de todas as plantas, representando entre 1% a 10% da matéria seca das mesmas. Esse elemento não é considerado nutriente das plantas, porque a sua função ainda não foi esclarecida (EPSTEIN, 1999), mas segundo Korndörfer et al. (2002), o silício é um elemento benéfico para a produção de várias culturas. Elawad & Green (1979) complementam afirmando que mesmo não pertencendo ao grupo dos elementos essenciais ou funcionais para as plantas, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas como o arroz e a cana-de-açúcar, têm sido beneficiados com o aumento da disponibilidade de silício no solo.

O Si é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) e o seu transporte e distribuição estão relacionados com a taxa transpiratória. Esta distribuição depende muito da espécie em questão. No caso das gramíneas em geral, estas são consideradas plantas acumuladoras típicas, que absorvem silício do solo, reduzindo de forma rápida a sua concentração na solução do solo (MYAKE & TAKAHASHI, 1983). O silício absorvido pela planta provoca a formação de uma camada de sílica cuticular, a qual, pelo aumento da espessura, promove redução na taxa de transpiração, diminuindo a abertura dos estômatos e limitando a perda de água das plantas, além de aumentar a rigidez estrutural dos tecidos, o que pode prevenir as plantas do ataque de pragas e/ou doenças. Com isso, pode-se obter maior eficiência do uso da água e menores custos finais de energia (MADEIROS et al., 2009).

De acordo com Farias (2000), o silício pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico. Nos períodos de seca, a deficiência hídrica leva a diminuição no crescimento das plantas principalmente pela redução da fotossíntese causada pelo fechamento estomático. Na maioria das plantas, a fotossíntese e o potencial hídrico foliar são processos fisiológicos sensíveis às variações ambientais, principalmente altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica (DENG et al, 2003).

Os benefícios que o uso do Si proporciona às espécies vegetais, principalmente quando estas plantas são submetidas a algum tipo de estresse de natureza biótica ou abiótica são relatados em vários trabalhos na literatura (MA et al., 2001; KORNDÖRFER et al., 2002). Após ser absorvido, o Si é concentrado nos tecidos de suporte do caule e das folhas formando uma dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulose, gerando um baixo coeficiente transpiratório com melhor aproveitamento da água, maior rigidez estrutural dos tecidos, folhas mais eretas proporcionando uma maior área fotossintética e atraso na senescência (EPSTEIN, 1999; MENGEL & KIRKBY, 2001).

Nem todas as plantas são capazes de tirar proveito do silício disponível no solo, no entanto, podemos destacar a cana-de-açúcar que é considerada uma espécie acumuladora deste elemento, com concentração de 0,14% de Si nas folhas jovens, chegando a atingir até 6,7% nos colmos e folhas velhas (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995).

## 2.6 O uso do gesso na agricultura

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 (gesso agrícola ou fosfogesso), obtido na fabricação de fertilizantes fosfatados (superfosfato triplo, fosfatos de amônio, MAP e DAP) (VITTI, 2000). Embora a maior parte das pesquisas realizadas com gesso na agricultura do Brasil trate de resultados obtidos com o gesso agrícola, o gesso mineral tem a mesma capacidade corretiva do gesso agrícola (ROCHA et al., 2007) e ótimas condições para utilização na agricultura, já que, ambos possuem em sua composição, predominantemente, o sulfato de cálcio hidratado. Conforme Nascimento (2003) o gesso mineral pode ser encontrado em depósitos sedimentares em diversas regiões do mundo. Pernambuco possui uma região com uma produção de 2,6 milhões de toneladas ao ano, que representa em torno de 95 % de todo o gesso brasileiro. No entanto, menos de 1% deste total é utilizado para fins agronômicos.

Em camadas subsuperficiais de alguns tipos de solo, ocorre toxidez por alumínio e/ou baixa disponibilidade de cálcio que são os principais fatores que impedem à maximização da produção das culturas, por limitarem o crescimento radicular e, conseqüentemente, a utilização de água e de nutrientes em profundidade (FURTINI NETO et al., 2001). Soratto (2005) também afirma 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. Nestas condições, o desenvolvimento do sistema radicular torna-se limitado às camadas superficiais, explorando assim, pequeno volume de solo; e, conseqüentemente, limitando o crescimento e a produtividade das culturas, principalmente, nos locais onde é frequente a presença de veranicos prolongados.

Sabe-se que o cultivo da cana-de-açúcar se dá sob condições edáficas muito adversas (FREIRE, 2001). Estima-se que em torno de 70% das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Brasil encontrem-se em solos álicos, ou seja, com baixa disponibilidade de bases trocáveis e altos teores de alumínio trocável (KOFFLER, 1986), fazendo-se necessário a adoção de técnicas que melhorem essas características 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. Por ser um sulfato de cálcio dihidratado e com a característica de ter alta solubilidade, permite, assim, maior mobilidade no perfil do solo, atingindo as camadas subsuperficiais. Conforme Nascimento (2003), esse produto pode ser encontrado em depósitos sedimentares em diversas regiões do mundo. Pernambuco possui uma região com produção de 2,6 milhões de toneladas ao ano, que representa em torno de 95 % de todo o gesso brasileiro. No entanto, menos de 1% deste total é utilizado para fins agronômicos.

O uso do gesso como corretivo deve ser feito sempre em conjunto com o calcário, ou seja, não deve-se substituir o calcário pelo gesso aleatoriamente, pois desempenham diferentes papéis no solo. No caso do calcário, os íons  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{OH}^-$  são responsáveis pela elevação do pH do solo, pelo fato de serem importantes aceptores dos prótons  $\text{H}^+$ , e pela correção do alumínio tóxico. Esses efeitos, devido à menor solubilidade do calcário, limitam-se, geralmente, à camada de solo onde houve a aplicação, geralmente a camada arável. Já o gesso agrícola, não deve ser utilizado para substituir o calcário na correção da acidez do solo. Devido ao fato do sulfato não ser bom acceptor de prótons. Os prótons ( $\text{H}^+$ ) presentes no solo não podem ser neutralizados pela aplicação do gesso ao solo. Por outro lado o gesso possui a capacidade de deslocar cálcio para camadas mais profundas de solo, devido ao ânion sulfato acompanhante, aliviando a toxicidade de alumínio em subsuperfície, pela formação do precipitado sulfato de alumínio (NASCIMENTO, 2003).

Diversos estudos realizados em todo o Brasil mostram que o uso isolado do gesso agrícola ou em associação com outro corretivo tem proporcionado excelentes resultados, tanto na produção da cana-de-açúcar como no desenvolvimento do sistema radicular da planta em profundidade (MORELLI et al., 1987; MORELLI et al., 1992; SALATA e DEMATTÊ, 1995).

Outro aspecto do gesso usado na agricultura 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 (MORAES et al., 1998). Considerando a concentração de enxofre presente no gesso agrícola, doses em torno de 100 a 250 kg ha<sup>-1</sup> deste insumo seriam suficientes para corrigir deficiências desse elemento para grande parte das culturas (ALVAREZ & DIAS, 1994).

Segundo Stipp & Casarin (2010), o enxofre (S) é reconhecido, juntamente com o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o 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

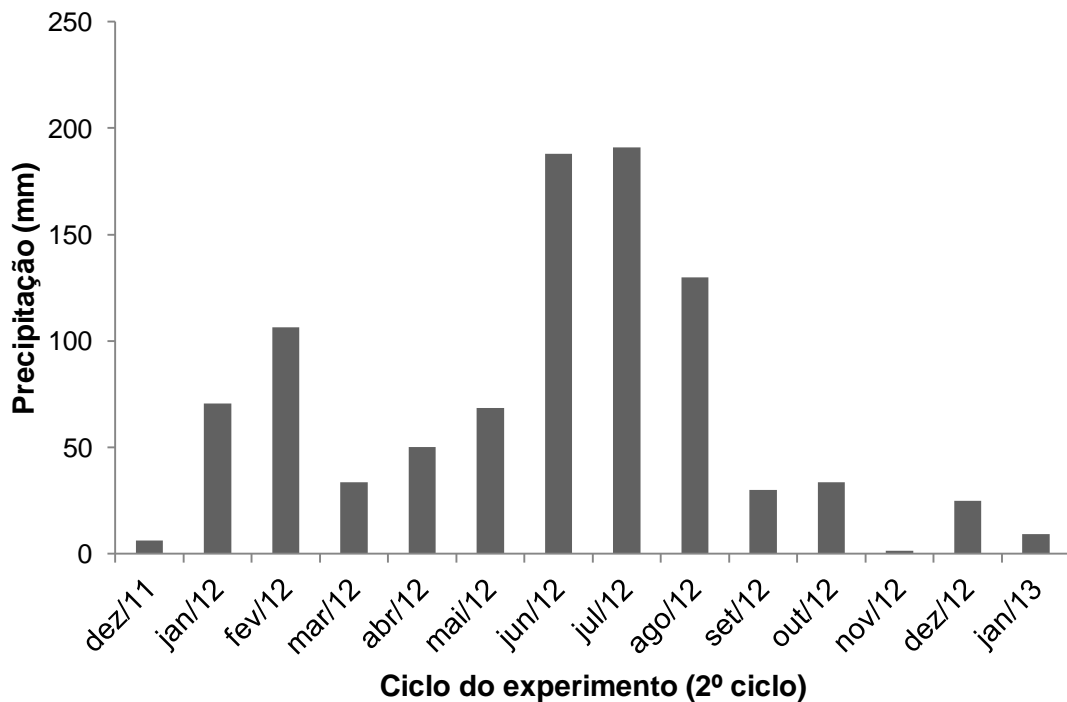
estatísticas poderiam ser diferentes se a utilização do gesso agrícola na agricultura fosse mais expressiva.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do ambiente experimental

Foi conduzido experimento em área agrícola da Usina Capricho, localizada no município de Cajueiro, Zona da Mata do Estado de Alagoas, sob as coordenadas geográficas 9° 25' S e 36° 06' W. De acordo com o sistema de Köppen, o clima dominante na região é o As', tropical chuvoso com verão seco, com precipitação média anual da ordem de 1309,9 mm (KOFFLER et al., 1986). No ano referente ao segundo ciclo do experimento (2012), quando foram feitas as avaliações desta pesquisa a precipitação acumulada na fazenda foi de 928 mm (Figura 1).

**Figura 1 - Precipitação pluviométrica do período de cultivo referente ao 2º ciclo na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**



A caracterização química e física do solo foi realizada em três profundidades ao longo do perfil, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm (Tabela 1), de acordo com essas informações o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.



**Tabela 1 - Caracterização química e física do solo da área experimental em três profundidades, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011. SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação por Bases; m: Saturação por alumínio. DS: Densidade do Solo; DP: Densidade da Partícula; PT: Porosidade Total; CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente.**

CARACTERÍSTICA	PROFUNDIDADE (cm)		
	0-20	20-40	40-60
pH (H <sub>2</sub> O 1:25)	5,3	4,9	4,9
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,10	1,10	0,80
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,00	0,30	1,20
K <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,08	0,07	0,06
Na (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,03	0,04	0,04
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,40	1,20
H <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,50	3,70	3,00
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,50	5,10	4,20
SB <sup>(1)</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,21	1,51	2,10
CTC <sup>(2)</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	8,71	6,61	6,30
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6,00	1,00	1,00
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	196,50	138,30	104,30
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,70	0,60	0,70
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,00	0,20	0,10
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	13,10	1,90	0,70
V <sup>(3)</sup> (%)	48,34	22,84	33,33
m <sup>(4)</sup> (%)	19,19	48,11	36,36
C (%)	1,73	1,11	1,32
M.O. (%)	2,98	1,91	2,28
DS <sup>(5)</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	1,19	1,06	1,03
DP <sup>(6)</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	2,56	2,60	2,67
PT <sup>(7)</sup> (%)	53,70	59,01	61,44
CC <sup>(8)</sup> (%)	15,21	17,68	19,08
PMP <sup>(9)</sup> (%)	8,96	9,66	11,45
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	510	370	410
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	110	150	50
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	380	480	540

Fonte: Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, Carpina-PE (2010) e Laboratório de Análises de Produtos Agropecuários, Rio Largo-AL (2010).

### 3.2 Caracterização da variedade

A variedade utilizada no experimento foi a RB92579 indicada pelo Grupo de Pesquisa em Melhoramento Genético de Variedades de Cana-de-açúcar da Universidade Federal de Alagoas, considerando-se as suas características de adaptação regional e a sua representatividade pela grande área plantada com esta cultivar no estado de Alagoas.

Características morfológicas: Hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento do bordo, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular. Além disso, a cultivar apresenta características como ótima brotação na planta e na soca com colheita manual queimada, e boa com colheita manual crua. Alto perfilhamento em planta e soca, proporcionando ótimo fechamento de entrelinhas. Floresce pouco. Velocidade lenta de crescimento. Alta produtividade agrícola. Alto teor de açúcares, maturação média, longo período útil de industrialização (PUI) e médio teor de fibra. Amplas épocas de plantio, sem restrição a ambientes para produção. Tolerante à seca e a herbicidas. Difícil despalha no período vegetativo e fácil na colheita. Resistente à ferrugem e ao carvão. Tolerante à cigarrinha da folha. Resistência intermediária à escaldadura das folhas e à podridão vermelha. Ausência de amarelinho. (BARBOSA et al., 2003).

### 3.3 Definição dos tratamentos e procedimentos experimentais

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco doses de silicato de cálcio (0, 1, 2, 3 e 4 Mg ha<sup>-1</sup>) e duas doses de gesso mineral (0 e 1,9 Mg ha<sup>-1</sup>) aplicadas antes do plantio. As cinco doses de silicato de cálcio representam as parcelas e as duas doses de gesso representam as subparcelas. Cada subparcela foi composta de cinco linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento, espaçadas de 1 m entre si, totalizando 50 m<sup>2</sup>. A área útil da parcela foi constituída pelas três linhas centrais, representada por 30 m<sup>2</sup>. No plantio da cana-de-açúcar, ficou estabelecido uma densidade de plantio de 15 gemas por metro linear de sulco da variedade RB92579.

O gesso utilizado no experimento foi proveniente de jazidas de gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) do pólo gesseiro do Araripe em Pernambuco. A caracterização do gesso mineral foi feita no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu (Tabela 2). A fonte de silicato de cálcio e magnésio adotada foi o produto denominado de Agrosilício, derivado da produção de aço inox. Esse produto é utilizado como padrão na maioria das pesquisas relacionadas ao Silício no Brasil devido ao seu alto grau de pureza (KORNDÖRFER & GASCHO, 1999).

**Tabela 2 - Caracterização do gesso mineral utilizado na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011.**

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

Fonte: Laboratório de Fertilizantes e Corretivos, UNESP, Botucatu, 2011.

O silicato utilizado no experimento foi classificado como dolomítico e as porcentagens passantes nas peneiras ABNT 10, ABNT 20 e ABNT 50 foram 100, 99,9 e 71,4 respectivamente. A caracterização da escória foi realizada no Laboratório de Análises de Solos e Calcários da Universidade Federal de Uberlândia – MG.

**Tabela 3 - Caracterização química e física da escória siderúrgica utilizada na área experimental, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2011. PN: poder de neutralização; RE: reatividade; PRNT: poder relativo de neutralização total.**

Si Total	Si Solúvel	CaO	CaCO <sub>3</sub>	MgO	MgCO <sub>3</sub>	PN	RE	PRNT
				%				
13,81	7,82	39,8	70,8	9,7	20,4	87,5	88,5	77,4

Fonte: Laboratório de Análises de Solos e Calcários, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.

A aplicação do silicato foi realizada de forma a proporcionar uma distribuição uniforme no sulco de plantio. O gesso por sua vez foi aplicado em cobertura na área total, quando os sulcos já se encontravam fechados, seguindo metodologia descrita por Souza et al. (1996).

As operações de preparo do solo, sulcagem, adubação, aplicação de silicato e de gesso, aplicação de inseticida (Regent 250g ha<sup>-1</sup>) e plantio da cana-de-açúcar foram realizados entre os meses de agosto e setembro de 2010. Vale destacar que esses meses estão dentro do

período considerado ideal para plantio da cana-de-açúcar de sequeiro no estado de Alagoas. A adubação utilizada no plantio foi de 600 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-22-20, baseada no resultado da análise de solo coletado antes da instalação do experimento. Aos 150 dias após o plantio (DAP) houve a aplicação de 60 mm de água via sistema de irrigação por aspersão.

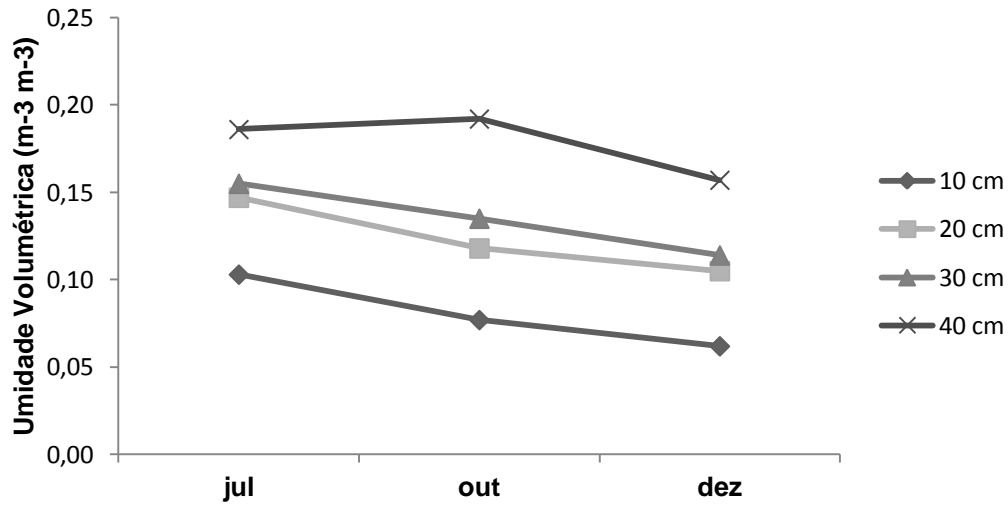
Após 470 dias do plantio (15 de dezembro de 2011) foi realizada a colheita do primeiro ciclo da cana-de-açúcar, em seguida foi realizada uma adubação de cobertura com 500 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 14-00-18, seguindo a programação padrão da Usina Capricho para a área do experimento.

### **3.4 Determinação da umidade do solo**

No intuito de avaliar a umidade do solo no decorrer do experimento, utilizou-se uma sonda multisensor de capacitância do tipo PR2/4, da empresa Delta-T Devices Ltd, que mede a umidade em quatro profundidades 10, 20, 30 e 40 cm. Para fazer as leituras foram instalados 16 tubos de acesso próprio do equipamento nos tratamentos de maior e menor dose de silicato (4 e 0 Mg ha<sup>-1</sup>), com e sem gesso, aos 220 dias de desenvolvimento da cultura (DDC). As leituras foram feitas nos meses de Julho, 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 em teor de umidade em base volumétrica (m<sup>3</sup>m<sup>3</sup>).

Baseado nas medições da sonda PR2 foi possível avaliar a umidade do solo nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, em três épocas diferentes (JUL (220 DDC), OUT (300 DDC) e DEZ (370 DDC)), desta forma foi possível observar a secagem do solo durante o período de estiagem da região (Figura 2).

**Figura 2 - Umidade do solo ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) no decorrer do período de estiagem na área do experimento, nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**



### 3.5 Avaliações de crescimento

Para a análise não destrutiva do crescimento da cana-de-açúcar no segundo ciclo, identificaram-se 10 plantas de cada parcela nas três linhas centrais do cultivo, onde aos 90, 300, e 390 dias de desenvolvimento da cultura (DDC) foram coletados dados de altura da planta, diâmetro do colmo, área foliar e número de perfilhos.

A altura da planta foi mensurada com auxílio de uma fita métrica a partir do nível do solo até a lígula da folha (+1) e a medição do diâmetro do colmo foi realizada utilizando-se um paquímetro no terço médio da planta. A área foliar (AF) foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1) e pelas medições nas folhas +3, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana, segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999) (Equação 1). Também foi quantificado o perfilhamento médio das variedades nas três linhas centrais, contando-se o número de plantas por metro linear de sulco.

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2) \quad (1)$$

Onde:

AF = Área foliar ( $\text{cm}^2$ );

C = Comprimento da folha +3 (cm);

L = Largura da folha +3 (cm);

0,75 = Fator de correção para área foliar da cana-de-açúcar;

N = Número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

### **3.6 Análises químicas do tecido foliar**

Aos 300 DDC foi avaliado o estado nutricional da cana-de-açúcar por meio da coleta da folha-índice (+3), contada a partir da primeira folha com bainha visível, coletando-se o terço médio da folha, excluindo-se a nervura central (GALLO et al., 1962). Cada amostra foi constituída de 20 folhas, coletadas, aleatoriamente, dentro da área útil das parcelas. Em seguida as amostras foram secas a 65°C em estufa com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Posteriormente, procedeu-se a moagem (em moinho tipo Willey) das amostras para determinação dos teores de silício, macro e micronutrientes. As amostras foram analisadas no Laboratório de Análises de Solos e Calcários da Universidade Federal de Uberlândia – MG pela metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

A determinação das concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) realizou-se a digestão nitroperclórica. Para o silício (Si) realizou-se a digestão em forno de microondas e determinação em espectrofotometria de chamas. O nitrogênio (N) foi determinado por digestão sulfúrica.

### **3.7 Potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ )**

Aos 370 DDC (19/12/2012), foi medido o potencial hídrico foliar, para isso utilizou-se uma bomba de pressão de Scholander (Soil Moisture, Equipment Corporation, Santa Barbara, USA) às 4:30h (antemanhã) e às 12:00h (meio-dia). Foram utilizadas as folhas +2, as quais foram seccionadas na lígula, separadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica com gelo (sem contato com o gelo) a fim de minimizar a perda de umidade, feito bloco a bloco. Após a coleta de cada bloco, eram realizadas as leituras de potencial hídrico (MPa).

### **3.8 Índice SPAD**

A medida indireta da clorofila (leitura SPAD) foi realizada aos 370 DDC às nove horas da manhã através do método não destrutivo, utilizando-se o Clorofilômetro, modelo

SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, Japan), sendo as médias obtidas de dez leituras por parcela, utilizando-se a folha +1.

### 3.9 Eficiência fotoquímica

Para as medidas de eficiência fotoquímica foram utilizados os limbos da parte central das folhas +1 de uma planta por parcela, aos 370 DDC. A eficiência quântica máxima ( $F_v/F_m$ ) foi medida nos horários de 4:30 da manhã (medida de fotoinibição crônica) e 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 & 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 08:30 e 10:00 horas da manhã nas mesmas folhas, conforme Schreiber et al., (1995).

### 3.10 Trocas gasosas

Para as medidas de trocas gasosas foram utilizados os limbos do terço médio das folhas + 1 de uma planta por parcela, sendo estas realizadas *in vivo*, aos 370 DDC, no horário de 08:30 as 10:00 da manhã. Tais medidas foram feitas com um analisador portátil de  $CO_2$  à infravermelho (IRGA) da LI-COR<sup>®</sup>, modelo LI-6400XT, cujos parâmetros avaliados foram: fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ). Através dos valores de A, E e  $C_i/C_a$ , foram calculados a eficiência do uso da água (A/E) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/ $C_i$ ).

### 3.11 Condições ambientais

Na ocasião da coleta de dados fisiológicos foram monitoradas as condições ambientais do local (Figura 3), para tanto, uma estação meteorológica automática modelo WS - GP1 (DELTA-T Devices, Cambridge - England) foi instalada na área do experimento no dia em que as leituras fisiológicas foram realizadas. Foram feitas leituras da temperatura e da umidade relativa a cada 5 minutos e da radiação solar a cada 1 minuto e registrando a média

das leituras a cada 15 minutos durante 12 horas. Com base nos dados de umidade e temperatura foi calculado o DPV (Déficit de Pressão de Vapor) do ar, através da equação 2.

$$DPV = es - e = \left[ 0,6108 \exp \left( \frac{17,27T}{237,3 + T} \right) \right] - \left( \frac{es - UR}{100} \right) \quad (2)$$

Onde:

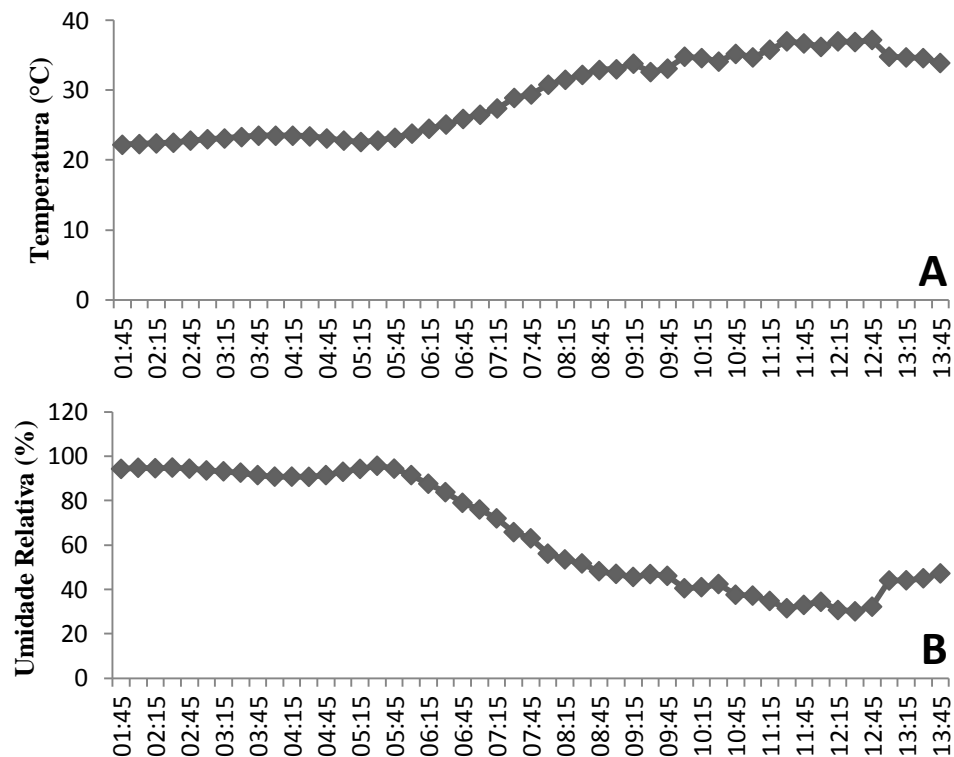
es = Pressão de vapor saturado;

e = Pressão de vapor do ar;

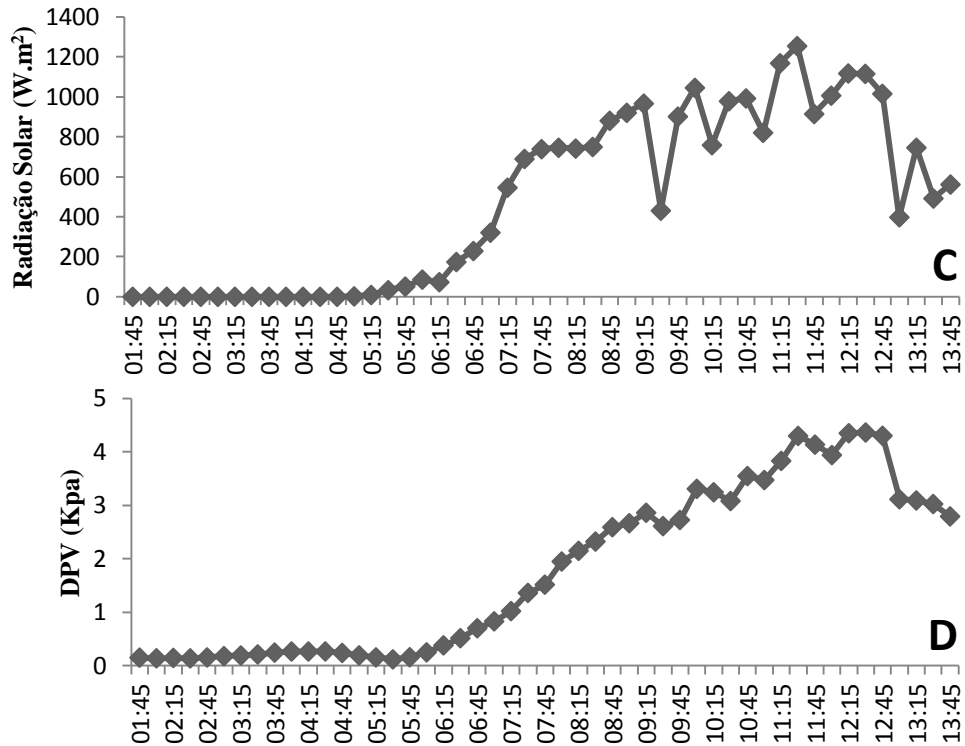
T = Temperatura;

UR = Umidade relativa.

**Figura 3 - Temperatura (A), umidade relativa (B), radiação solar (C) e DPV (D) da área do experimento, medidas por 12 horas no dia da coleta dos dados fisiológicos, aos 370 dias após a colheita (DAC), Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**







### 3.12 Variáveis agroindustriais

Na ocasião da colheita foi feita a amostragem de quatro colmos cortados ao meio e organizados alternadamente entre parte basal e apical, os quais foram encaminhados ao Laboratório Agroindustrial da Usina Capricho sendo lá determinada às seguintes características industriais: sólidos solúveis totais (BRIX), pol corrigida (PC), açúcares polarizáveis (POL), açúcares totais recuperáveis (ATR), pureza da cana (PUREZA) e fibra da cana (FIBRA).

### 3.13 Produtividade

No dia 30 de janeiro de 2013 (410 DDC), foi efetuada a colheita do segundo ciclo do experimento. A área experimental foi queimada e cortada manualmente, sendo que as três linhas centrais de cada parcela foram pesadas com o auxílio de um dinamômetro com precisão de 5 kg e uma carregadeira. O peso da parcela foi extrapolado para  $\text{Mg ha}^{-1}$  determinando assim a produtividade de cada parcela em toneladas de colmo por hectare (TCH). A partir dos dados de TCH e PC foi calculado a tonelada de pol por hectare (TPH).

### 3.14 Avaliação do desenvolvimento radicular

Sete dias após a colheita do segundo ciclo, foram coletadas amostras de solo + raízes com auxílio de trado tipo caneco nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm (volume de 1,62 dm<sup>3</sup>), para a avaliação do desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, seguindo as recomendações metodológicas de Vasconcelos et al. (2003) com modificações. Em cada subparcela, duas amostras de solo + raízes foram coletadas a 25 cm de distância de cada linha de cana. As amostras de solo com raízes de cada camada do perfil foram lavadas em peneiras com malha de 2 mm, para separação das raízes, as quais foram secas em estufa a 65°C, por 96 horas e posteriormente, pesadas em balança semianalítica.

### 3.15 Análise econômica

Baseado no Consecana-AL/SE (2006) utilizou-se o modelo de remuneração da tonelada de cana implantado no estado de São Paulo, o mesmo adotado em Alagoas, considerando a média de ATR do experimento e o preço do Kg do mesmo encontrado em Sindaçúcar-AL (2013) e calculou-se o valor médio que seria pago pela tonelada de cana-de-açúcar nessa ocasião (Equação 3).

$$V = (QATR \times PATR) \quad (3)$$

Onde:

V = preço médio da tonelada de cana em Reais (R\$);

QATR = média de ATR entregue;

PATR = preço líquido médio ponderado, em reais, do kg do ATR na cana-de-açúcar, em função do “mix” de produção e da curva de comercialização do Estado de Alagoas na safra (R\$ 0,5480).

A partir desse dado e multiplicando-o pela produtividade foi estimada a receita por hectare (R\$ ha<sup>-1</sup>) em função da venda da cana-de-açúcar dos tratamentos com e sem silicato (0 e 4 Mg ha<sup>-1</sup>) e com e sem gesso (0 e 1,9 Mg ha<sup>-1</sup>), no intuito de observar se houve algum incremento financeiro em função dos tratamentos.

### **3.16 Análises estatísticas**

Todos os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F. Os dados referentes às doses de silicato de cálcio e magnésio foram submetidos à análise de regressão e ajustados para equações lineares e quadráticas, sendo consideradas as equações com maiores coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  adj). Também foram testadas as correlações entre as variáveis estudadas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliações agronômicas e fenológicas

As doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio, após um ano de cultivo, não inferiram mudanças drásticas na química do solo, porém, proporcionou leve aumento nos teores de Ca e Mg e leve redução no K (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho-Pupatto (2004) observou que os teores de cálcio e magnésio no solo também aumentaram após a aplicação de dois tipos de escórias, e que apenas uma das fontes aumentou os níveis de potássio no solo, atribuindo esse aumento à presença desse elemento na composição desse resíduo. Os valores de cálcio no solo também apresentaram correlação positiva com o pH do solo, com  $r = 0,887$ , confirmando a relação direta entre esses dois parâmetros do solo.

**Tabela 4 - Teores dos minerais presentes na camada de 20-40 do solo após um ano de cultivo, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Significativo a 4% pelo teste F.**

Doses de Silicato	P mg dm <sup>-3</sup>	Ca ..... cmolc dm <sup>-3</sup> .....	Mg	K	S	Al	Si mg kg <sup>-1</sup>	pH
0	2,24	0,61	0,31	0,04	22,88	1,19	2,80	4,59
1	2,08	0,60	0,31	0,03	19,38	1,23	3,24	4,68
2	3,18	0,85	0,40	0,03	18,88	1,06	2,79	4,78
3	2,09	0,68	0,39	0,03	20,25	1,10	2,76	4,66
4	2,30	0,90	0,40	0,03	16,00	1,13	2,65	4,76
	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

Os teores de fósforo, potássio, magnésio, alumínio e silício no solo não foram influenciados pela aplicação de gesso, em contrapartida o cálcio e o enxofre apresentaram um incremento quando na presença do gesso (Tabela 5). Esse incremento deve-se ao alto teor desses dois elementos na composição desse minério (Tabela 2).

**Tabela 5 - Teores dos minerais presentes na camada de 20-40 do solo após um ano de cultivo, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F.**

	<b>P</b> mg dm <sup>-3</sup>	<b>K</b> ..... cmolc dm <sup>-3</sup> .....	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b> mg kg <sup>-1</sup>
Sem Gesso	2,64	0,03	0,61	0,37	12,60	1,19	2,86
Com Gesso	2,12	0,03	0,84	0,35	26,35	1,09	2,84
	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

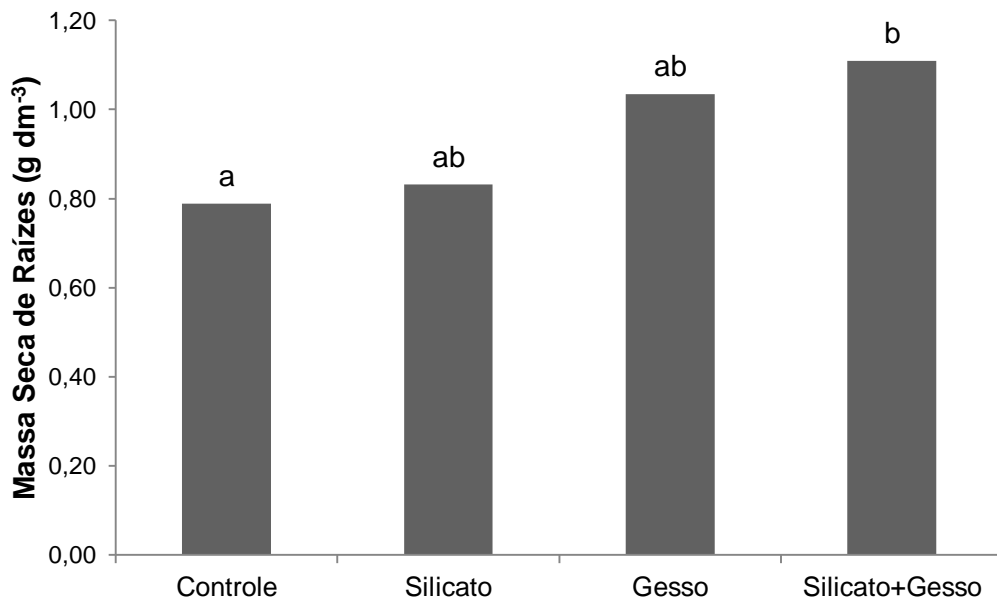
Ao avaliar a umidade do solo na área do experimento, observa-se que as parcelas com e sem silicato de cálcio e magnésio teve diferença na umidade do solo nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, sendo mais expressivo nas três últimas. Isso evidencia que a presença do silicato de cálcio e magnésio (4 Mg ha<sup>-1</sup>) foi capaz de melhorar a umidade do solo, aumentando a mesma significativamente comparado ao controle (Tabela 6). Esta resposta pode estar relacionada à presença do cálcio, que por ser um cátion floculante melhora as propriedades físicas do solo. O cálcio ao reagir com os coloides do solo poderá ter influencia direta sobre a porosidade, a dupla camada difusa, a condutividade hidráulica, agregação das partículas, enfim, em característica que irão refletir diretamente na estruturação do solo (Corrêa et al., 2009). A umidade do solo também teve influencia direta sobre o rendimento de colmos por hectare apresentando uma correlação forte positiva com um  $r = 0,982$ .

**Tabela 6 - Umidade volumétrica do solo (m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>), em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio em quatro profundidades e em três épocas, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (\*) significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F.**

<b>Silicato</b>	<b>10 cm</b>	<b>20 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>40 cm</b>
<b>JUL (220 DDC)</b>				
Sem Gesso	0,09	0,07	0,07	0,11
Com Gesso	0,12	0,23	0,24	0,26
	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>
<b>OUT (300 DDC)</b>				
Sem Gesso	0,06	0,05	0,06	0,14
Com Gesso	0,09	0,16	0,21	0,24
	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>*</b>
<b>DEZ (370 DDC)</b>				
Sem Gesso	0,04	0,05	0,05	0,10
Com Gesso	0,08	0,16	0,18	0,22
	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

A massa seca de raízes da cana-de-açúcar foi influenciada tanto pela aplicação de silicato como pela aplicação de gesso, mostrando ainda que a aplicação dos dois produtos na mesma parcela proporcionou o melhor ambiente para o desenvolvimento radicular da cana. A adubação com silicato, gesso e silicato+gesso, resultou num incremento na massa de raízes por  $\text{dm}^{-3}$  de solo de 5, 31 e 41% respectivamente, comparando com o tratamento controle (Figura 4).

**Figura 4 - Massa seca de raízes de cana-de-açúcar (2º ciclo) por volume de solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ) em função dos tratamentos aplicados, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias sobrescritas por letras distintas diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.**

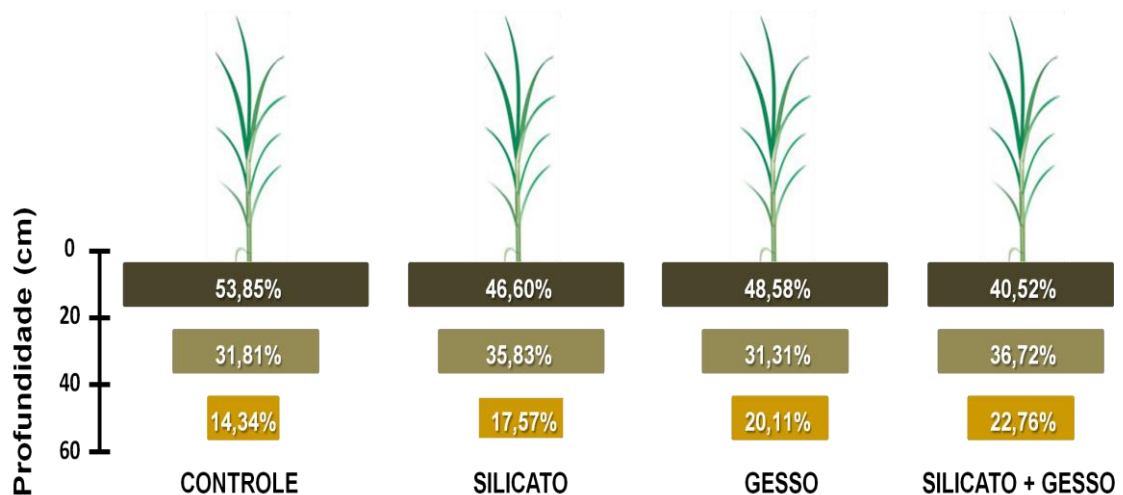


Essa melhoria do ambiente de crescimento das raízes pode ser função dos benefícios gerados tanto pelo silicato como pelo gesso. O silicato, por reduzir a acidez do solo, provocando redução da toxicidade causada por alguns metais presentes no solo e também do cálcio presente no silicato, que tem capacidade de beneficiar a estrutura do solo. O gesso, por sua vez, por ter a capacidade de diminuir a concentração de alumínio tóxico e fornecer cálcio em subsuperfície, fatores determinantes para o crescimento radicular, além dos impedimentos físicos. Quaggio (2000) complementa explicando que quando a saturação por cálcio no complexo de troca do solo encontra-se em concentrações inferiores a 20%, ocorre forte restrição do crescimento radicular de diversas culturas. Rocha (2007), avaliando o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar em função da aplicação calcário, gesso e calcário+gesso, concluiu que a presença do gesso e a associação calcário+gesso conferiu um acréscimo significativo no volume de raízes.

Ao correlacionar a massa seca de raízes com as outras variáveis, destaca-se forte influência positiva do pH do solo, apresentando  $r = 0,974$ . Ao contrário da concentração do Al no solo, que apresentou  $r = -0,969$ , ou seja, quanto menor a concentração desse metal no solo, maior foi a massa de raízes.

Observou-se também melhor distribuição das raízes de cana-de-açúcar no perfil do solo em função dos tratamentos silicato, gesso e silicato+gesso, com melhor resultado para o tratamento silicato+gesso (Figura 5), ao que tudo indica que a associação dos dois tratamentos proporciona melhor condição de crescimento e distribuição das raízes de cana-de-açúcar no solo. Nas condições do Nordeste brasileiro, Sampaio et al. (1987), concluíram que 75% da massa de raízes da cana-de-açúcar encontravam-se nos primeiros 20 cm do perfil do solo, mostrando assim a má distribuição das raízes ao longo das camadas do solo. Costa et al. (2007) ao comparar uma cultivar de cana-de-açúcar que apresenta distribuição radicular mais uniforme com uma que não apresenta tal característica, que a cultivar com distribuição radicular desuniforme será mais suscetível à reduções na produção de colmos. Portanto a adição de silicato e gesso pode ser uma opção para melhorar o crescimento e distribuição do sistema radicular da cana nessa região.

**Figura 5 - Distribuição relativa de raízes de cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio e de gesso, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**



A altura de plantas, diâmetro do colmo, área foliar e perfilhos, aos 90 e 300 DDC, não se alteraram com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio (Tabela 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas Junior et al. (2011), que concluíram

que a aplicação isolada de silício não interferiu no comprimento e no diâmetro do caule e na área foliar na cultura do milho. Madeiros et al. (2009) e Orioli Júnior et al. (2008), utilizando doses crescentes de silício em cana-de-açúcar e trigo, respectivamente, não observaram influência significativa no crescimento e nem nas características fisiológicas das plantas. Por outro lado, esses resultados vão de encontro com os de Madeiros et al. (2008) que, ao utilizar as mesmas doses de silicato (0, 1, 2, 3 e 4 Mg ha<sup>-1</sup>), encontraram diferença na altura de planta, diâmetro de colmo e número de perfilhos, trabalhando com a variedade RB92579.

**Tabela 7 - Análise biométrica da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 90, 300 e 390 dias de desenvolvimento da cultura (DDC) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo; (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.**

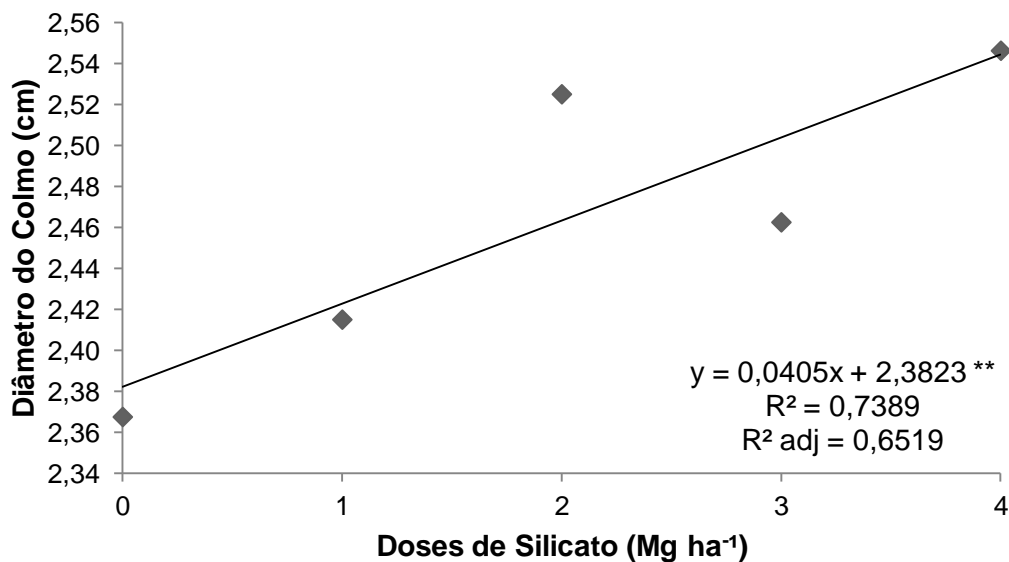
Doses de Silicato (Mg ha <sup>-1</sup> )	Altura de Planta (cm)	Diâmetro do Colmo (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Perfilhos (Unidade)
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 90 DDC</b>				
0	32,20	1,49	1215,14	24,37
1	32,06	1,53	1296,89	23,95
2	33,60	1,51	1419,45	25,14
3	33,49	1,54	1323,61	22,46
4	32,57	1,61	1361,44	22,47
	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,78	12,64	21,00	9,49
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 300 DDC</b>				
0	187,72	2,37	3718,35	12,74
1	179,20	2,39	3412,42	13,05
2	181,26	2,40	3461,32	11,92
3	179,75	2,45	3556,19	13,32
4	175,81	2,41	3484,37	13,50
	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,49	5,97	9,08	13,23
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 390 DDC</b>				
0	197,38	<b>2,37</b>	1464,82	11,89
1	193,91	<b>2,42</b>	1369,03	11,89
2	194,60	<b>2,53</b>	1480,00	10,96
3	191,70	<b>2,46</b>	1392,89	11,61
4	194,78	<b>2,55</b>	1575,97	11,59
	ns	*	ns	ns
CV (%)	6,36	4,74	24,74	11,54

Esses resultados podem ser explicados pela baixa concentração de silício encontrado no solo no início do segundo ciclo, chegando a ficar bem abaixo do que se considera responsivo para a cultura da cana-de-açúcar. Em função da sua boa solubilidade esse nutriente pode ter sido esgotado no primeiro ciclo.



Verificou-se aos 390 DDC os parâmetros fenológicos se mostraram semelhantes aos de 90 e 300 DDC, porém, houve aumento linear do diâmetro do colmo em função das doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio (Figura 6), corroborando com Neri et al. (2009), que constataram aumento significativo no diâmetro do caule da planta de milho adubada com silício. O diâmetro do colmo é uma variável que tem influência direta sobre a produtividade, comprovado pela correlação positiva verificada pelo  $r = 0,960$ .

**Figura 6 - Diâmetro do colmo da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 390 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.**



O gesso aplicado induziu aumento de 18,06% na área foliar aos 300 DDC (Tabela 8). Esse incremento pode ser atribuído à melhoria das camadas subsuperficiais do solo que o gesso proporciona, gerando maior suprimento de água para essas plantas, devido o aprofundamento radicular, retardando assim a senescência das folhas, visto que nessa época as plantas já se encontravam sob restrição hídrica (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2008) que aplicaram diferentes corretivos de solo em combinação com o gesso agrícola no “braquiário” (*Brachiaria Brizantha*) e concluíram que a área foliar e o comprimento das folhas foram influenciados positivamente quando comparados com o controle.

**Tabela 8 - Análise biométrica da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 90, 300 e 390 DDC, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.**

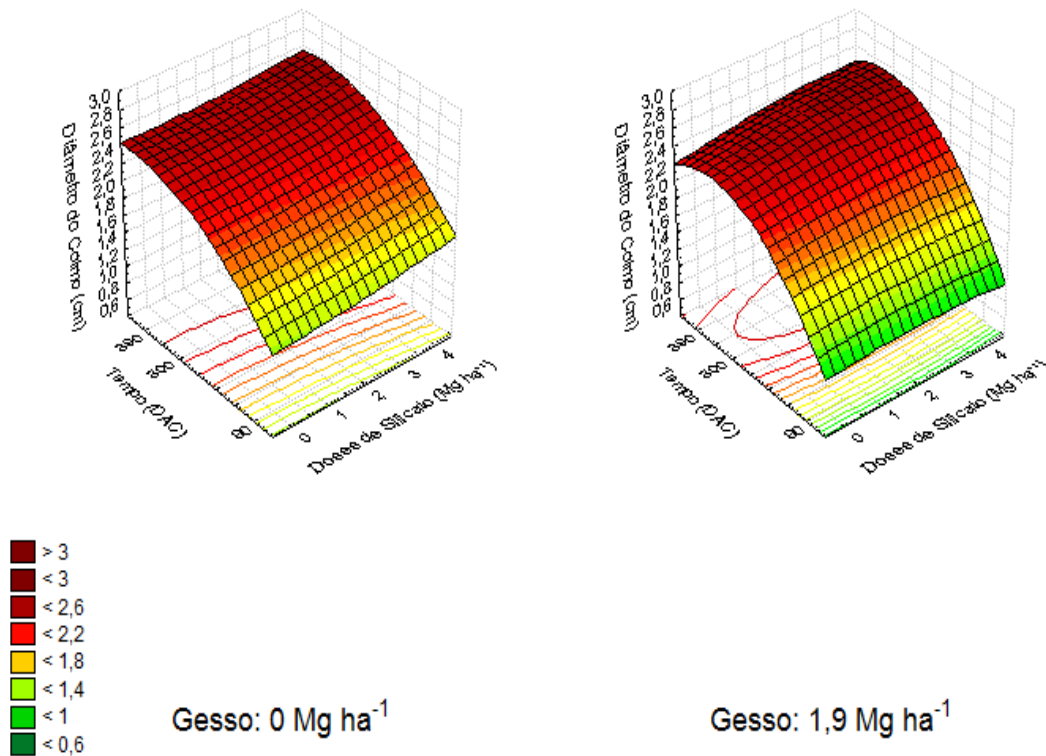
<b>Tratamento</b>	<b>Altura de Planta (cm)</b>	<b>Diâmetro do Colmo (cm)</b>	<b>Área Foliar (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>)</b>	<b>Perfilhos (Unidade)</b>
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 90 DDC</b>				
Sem Gesso	34,82	1,66	1414,63	22,57
Com Gesso	30,75	1,42	1231,98	24,79
DMS	4,82	0,28	359,52	2,98
CV (%)	22,00	26,91	40,31	18,68
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 300 DDC</b>				
Sem Gesso	179,73	2,37	<b>3234,44 a</b>	12,92
Com Gesso	181,76	2,43	<b>3818,62 b</b>	12,89
DMS	3,63	0,10	406,30	1,43
CV (%)	2,98	6,23	17,09	16,47
<b>Biometria da Cana-de-Açúcar aos 390 DDC</b>				
Sem Gesso	195,17	2,43	1405,57	11,87
Com Gesso	193,86	2,46	1507,52	11,31
DMS	6,76	0,09	461,05	0,75
CV (%)	5,16	5,73	46,96	9,60

O diâmetro do colmo apresentou interação entre o gesso e o tempo (DDC), ou seja, as plantas com gesso apresentaram um desenvolvimento mais acelerado, comparado as plantas sem o mesmo tratamento (Figura 7). Provavelmente essa resposta deve-se ao desenvolvimento do sistema radicular em profundidade da cana-soca, promovendo o aumento da assimilação de nutrientes e água. As plantas que não foram tratadas com gesso apresentaram um sistema radicular superficial, refletindo em um menor desenvolvimento. Segundo Alvarez (2000), quanto mais cortes mais o sistema radicular da cana-soca se encontrará na superfície, em comparação com o da cana-planta. Observa-se também declínio no diâmetro do colmo no final do ciclo, acontecimento normal conforme Dantas Junior et al. (2011), que observaram que na maturidade das células epidérmicas do caule, ocorre um acúmulo de súber, sendo intensificado na maturidade da planta. Isto faz com que nessas células ocorra diminuição do conteúdo de água e da turgescência, explicando a diminuição do diâmetro do caule.

**Figura 7 - Diâmetro do colmo da cana-de-açúcar (2º ciclo), em função da interação gesso x tempo (DDC), Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**

$$\text{Gesso: 0 - Diâmetro} = 1,0572 + 0,0215 \cdot x + 0,0066 \cdot y + 0,0061 \cdot x^2 - 5,2142 \cdot 10^{-5} \cdot x \cdot y - 7,8704 \cdot 10^{-6} \cdot y^2$$

$$\text{Gesso: 1,9 - Diâmetro} = 0,5908 + 0,019 \cdot x + 0,0105 \cdot y - 0,0083 \cdot x^2 + 0,0001 \cdot x \cdot y - 1,5184 \cdot 10^{-5} \cdot y^2$$

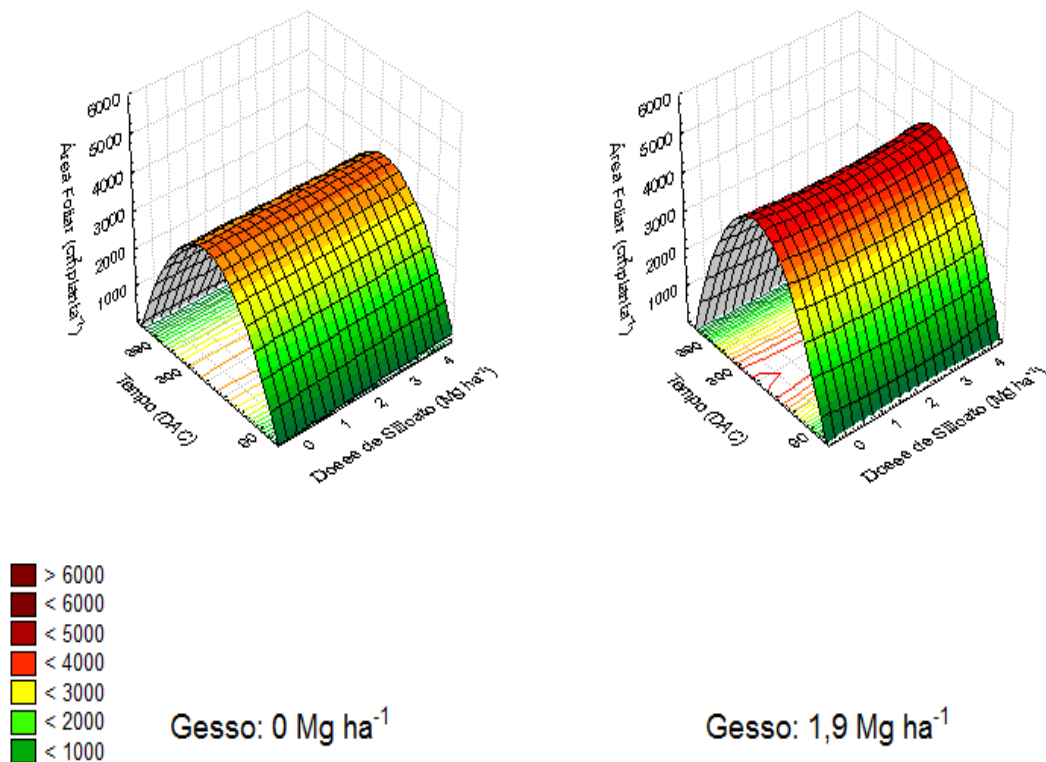


A área foliar aumentou até os 300 DDC, seguido de uma brusca diminuição até os 390 DDC (Figura 8). Esta característica está destacada por Braga (2012), como um comportamento explicado pela própria fisiologia da cana-de-açúcar, pois, neste ponto de inflexão da curva encontra-se o estágio em que a planta entra na fase de maior senescência foliar.

As plantas tratadas com gesso tiveram uma maior área foliar durante o desenvolvimento, sendo superior às plantas que não receberam gesso mineral, atingindo valores mais altos de área foliar próximo aos 300 DDC. Essa resposta pode ser em função da melhoria do sistema radicular da cana-de-açúcar pela aplicação do gesso agrícola (Figura 5).

**Figura 8 - Área foliar da cana-de-açúcar (2º ciclo), em função da interação gesso x tempo (DDC), Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012.**

$$\begin{aligned} \text{Gesso: 0 - AF} &= -2093,2317 + 59,3791 \cdot x + 46,7456 \cdot y + 0,0677 \cdot x^2 - 0,1987 \cdot x \cdot y - 0,0966 \cdot y^2 \\ \text{Gesso: 1,9 - AF} &= -3232,5507 - 112,7357 \cdot x + 61,6128 \cdot y + 26,9608 \cdot x^2 + 0,0499 \cdot x \cdot y - 0,1267 \cdot y^2 \end{aligned}$$



#### 4.2 Avaliações fisiológicas e nutricionais

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio no plantio não alterou o índice SPAD na cana-soca (Tabela 9). Borges (2012) observou incremento gradativo do índice SPAD com o aumento das doses de silicato em cana-planta. Em contrapartida, ao usar adubação foliar com silício, Freitas et al. (2011) constatou que o índice de clorofila não sofreu alterações em função da aplicação de diferentes doses de silicato em diferentes épocas de aplicação, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

O gesso também não exerceu influência significativa sobre o índice SPAD das folhas de cana-de-açúcar em socaria (Tabela 10). Em contrapartida o índice SPAD correlacionou-se com a concentração de N nas folhas de cana-de-açúcar ( $r = 0,954$ ) resultado já esperado pela grande influência do N na coloração verde das folhas. Borges (2012) apresentou resultados diferentes, mostrando que o gesso influenciou na coloração verde das folhas de cana-de-

açúcar. Já Gelain et al. (2011), trabalhando com fixação biológica de N, doses de molibdênio e gesso agrícola, constataram exatamente o oposto, já que o índice SPAD apresentou as maiores leituras quando não se aplicou gesso agrícola e a menor intensidade de verde ocorreu em função do tratamento com a maior dose de gesso (3 Mg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 9 - Índice SPAD, potencial hídrico, eficiência quântica máxima do PSII e eficiência quântica efetiva da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.**

Doses de Silicato	Índice SPAD	$\Psi_w$ (5h) (MPa)	$\Psi_w$ (12h) (MPa)	Fv/Fm (5h)	Fv/Fm (12h)	$\Phi$ PSII
0	21,64	-0,27	-2,15	0,70	0,55	0,41
1	22,61	-0,23	-1,98	0,70	0,62	0,40
2	21,10	-0,26	-2,15	0,69	0,57	0,42
3	24,40	-0,19	-2,01	0,71	0,64	0,41
4	21,07	-0,23	-2,13	0,71	0,60	0,37
	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
CV (%)	6,72	20,75	5,5	2,44	7,18	24,71

O potencial hídrico das plantas ( $\Psi_w$ ) não foi afetado pelas crescentes doses de silicato de cálcio e magnésio, tanto na antemã (5h) quanto ao meio-dia (12h). O mesmo foi observado para os tratamentos que tiveram a adição de gesso agrícola, não havendo diferenças em nenhum dos dois horários analisados (Tabelas 9 e 10). Estudando a resposta de genótipos de cana-de-açúcar ao estresse severo, Silva (2010) observou valores de -0,14 a -0,24 MPa na antemã em casa de vegetação. Resultados parecidos com os encontrados no presente estudo, que atingiu inclusive níveis mais baixos de potencial hídrico, chegando até -0,27 MPa, mostrando que a situação do campo era de estresse severo.

Smit & Singels (2006) trabalhando com variedades de cana-de-açúcar encontraram correlações positivas entre o potencial hídrico foliar e o conteúdo de água disponível no solo, atingindo valores próximos de -2,0 MPa ao meio-dia, quando o solo estava em condição de estresse severo. Levando em consideração que os valores do  $\Psi_w$  foliar ao meio-dia chegaram a atingir -2,15 MPa.

**Tabela 10 - Índice SPAD, potencial hídrico, eficiência quântica máxima do PSII e eficiência quântica efetiva da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC, em função da aplicação de gesso, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.**

Tratamento	Índice SPAD	$\Psi_w$ (5h) (MPa)	$\Psi_w$ (12h) (MPa)	Fv/Fm (5h)	Fv/Fm (12h)	$\Phi_{PSII}$
Sem Gesso	22,51	-0,24	-2,09	0,70	0,59	0,44
Com Gesso	21,81	-0,23	-2,07	0,70	0,59	0,37
	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DMS	2,89	0,08	0,18	0,03	0,06	0,10
CV (%)	10,59	23,12	6,68	3,00	7,52	19,51

Tanto a aplicação de gesso mineral como a de silicato de cálcio e magnésio não afetaram o comportamento fotoquímico das folhas (Tabelas 9 e 10). Segundo Dias & Marengo (2007), valores de Fv/Fm medidos na antemanhã abaixo de 0,7 sinalizam uma fotoinibição crônica. O que foi verificado em apenas um dos tratamentos no presente estudo (2 Mg ha<sup>-1</sup> de silicato) atingindo média de 0,69; porém, não diferindo das outras doses (Tabela 7). Também foi observado redução de Fv/Fm ao meio-dia. Segundo Taiz e Zeiger (2009), isso ocorre devido a uma fotoinibição dinâmica causada pelo excesso de excitação do fotossistema II nesse horário. Gonçalves et al. (2010), estudando o efeito do déficit hídrico em variedades de cana-de-açúcar, observaram que a variedade RB92579 (a mesma utilizada no presente trabalho) apresentou os menores valores da razão Fv/Fm durante o período experimental, concluindo que essa variedade apresenta maior sensibilidade nesta variável em função do estresse hídrico, indicando maiores danos ao aparato fotossintético quando comparada com as outras variedades estudadas.

A eficiência quântica efetiva ( $\Phi_{PSII}$ ) não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 9 e 10). Porém, a deficiência hídrica ocorrida na região causou drástica redução da  $\Phi_{PSII}$  em todos os tratamentos, chegando a atingir valores de 0,37. Silva (2010) obteve valores de  $\Phi_{PSII}$  de 0,62 em plantas de cana-de-açúcar submetidas a estresse hídrico severo. Wanderley Filho (2011) estudando bioestimulantes e enraizadores na cana-de-açúcar obteve resultados para  $\Phi_{PSII}$  que variaram de 0,29 a 0,55 entre os tratamentos sob estresse hídrico. Para Lemos-Filho (2000) esse marcante efeito fotoinibitório em plantas sob estresse hídrico severo é caracterizado por um decréscimo no rendimento quântico efetivo do PSII, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

As trocas gasosas das folhas não foram afetadas pela aplicação de silicato de cálcio e magnésio (Tabela 11). A corroborar com o exposto acima, Pupatto (2003) confirma que as

diferenças ocorridas nas trocas gasosas do arroz em função da adição do silício foram ocasionadas apenas pela aplicação foliar, pois sua adição ao solo não interferiu nas taxas aferidas.

**Tabela 11 - Fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.**

Doses de Silicato	Foto (A)	Trans (E)	Ci/Ca	Cond (gs)	Efic. Água (A/E)	Efic. Carbox (A/Ci)
0	7,11	1,01	120,51	0,04	7,10	0,06
1	7,59	1,01	117,24	0,05	7,58	0,07
2	8,16	1,09	102,88	0,05	7,91	0,11
3	9,87	1,35	107,18	0,06	7,52	0,11
4	9,44	1,28	122,09	0,06	7,51	0,09
	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21,79	19,71	23,9	24,19	11,47	31,18

A fotossíntese não foi afetada pelas doses de silicato, porém fica claro uma resposta crescente de acordo com o aumento das doses, possivelmente uma resposta significativa seria alcançada com doses mais altas do mesmo tratamento (Tabela 11).

Gonçalves et al. (2010), trabalhando com diferentes variedades de cana-de-açúcar sob estresse hídrico, concluíram que o estresse hídrico reduziu significativamente a fotossíntese (A), atingindo redução de 81,17% na variedade RB92579 sob estresse severo. Resultado semelhante foi observado por Nogueira et al. (2012) que avaliaram duas variedades de cana-de-açúcar sob estresse hídrico de curta duração, e constataram que a variedade RB92579 tem redução maior na fotossíntese, chegando a quase 100% após 96 horas de restrição hídrica. Ainda, no mesmo estudo, Gonçalves et al. (2010) sob condições hídricas ótimas, ou seja, sem limitação de água, observaram que a fotossíntese permaneceu entre 19 e 24  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , valores bem acima dos encontrados sob as condições ambientais do presente experimento, mais uma vez mostrando que as condições hídricas durante as avaliações fisiológicas (370 DDC) eram de deficiência, onde o valor mais alto encontrado foi na dose de 3  $\text{Mg ha}^{-1}$  (9,87  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

A aplicação de gesso também não causou mudanças na taxa fotossintética da cana-de-açúcar nas condições desse experimento (Tabela 12).

**Tabela 12 - Fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 370 DDC em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.**

Tratamento	Foto (A)	Trans (E)	Ci/Ca	Cond (gs)	Efic. Água (A/E)	Efic. Carbox (A/Ci)
Sem Gesso	8,43	1,19	124,56	0,05	<b>6,96</b>	0,079
Com Gesso	8,44 ns	1,11 ns	103,4 ns	0,05 ns	<b>8,09</b> **	0,096 ns
DMS	1,93	0,26	25,49	0,01	0,79	0,02
CV (%)	18,14	18,53	17,56	19,73	8,32	19,78

A transpiração também não apresentou mudanças drásticas em função dos tratamentos com silicato de cálcio e magnésio com ou sem gesso agrícola (Tabela 11 e 12). Madeiros et al. (2009) confirmam esse resultado, não encontrando diferenças para a transpiração da variedade de cana-de-açúcar RB72454 sob influência de escória siderúrgica. Embora não tenha existido diferença estatística pelo teste de média, houve correlação negativa entre o teor de Si na folha e a taxa de transpiração ( $r = -0,946$ ) concordando com os resultados de Agarrrie et al. (1998) que trabalhando com a cultura do arroz, verificaram uma menor transpiração dos poros estomáticos em função do uso de silício. Gonçalves et al. (2010), estudando o efeito do déficit hídrico em quatro variedades de cana-de-açúcar sob estresse severo, também chegaram a valores de transpiração próximos de  $1,00 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na variedade RB92579, como os encontrados nesse estudo, confirmando o nível de estresse hídrico das plantas em questão. Esses valores baixos encontrados para a taxa transpiratória devem-se unicamente as condições do ambiente, ou seja, a falta de água no sistema solo-água-planta.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci/Ca) teve comportamento similar em todas as doses de silicato, não diferindo entre elas. Para a aplicação de gesso agrícola observou-se o mesmo, porém, as plantas tratadas com gesso notou-se uma ligeira redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> (Tabela 11 e 12).

Igualmente, para a condutância estomática (gs) também não se verificou alterações em função das doses de silicato de cálcio e magnésio e da aplicação de gesso (Tabela 11 e 12). Os valores de condutância estomática estão de acordo com os encontrados por Gonçalves et al. (2010), que trabalhando com a mesma variedade (RB92579) sob a condição de estresse hídrico severo, obtiveram valores em torno de  $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Em muitos experimentos



verifica-se a correlação positiva da condutância estomática com a água disponível no solo. Evento esse que pôde ser confirmado no trabalho em questão, onde encontrou-se relação muito grande entre a condutância estomática e a umidade do solo com  $r = 0,842$ . Sasaki e Machado (1999), citando Davies et al. (1990) afirmam que durante o dessecamento do solo as raízes podem controlar diretamente o movimento estomático, devido um sinal químico produzido pelas próprias raízes.

Quando se avaliou a eficiência no uso da água (EUA) observa-se que a aplicação de silicato de cálcio e magnésio proporcionou melhor uso da mesma, porém, os valores não diferiram do tratamento sem a aplicação (Tabela 11). Esse resultado está de acordo com o encontrado por Madeiros et al. (2009) que trabalhando com escória de siderurgia em cana-de-açúcar também não obtiveram diferença significativa para a relação A/E. Em contrapartida foi observado por Pupatto (2003) que a aplicação foliar, juntamente com a adição do silício ao solo, possibilitou às plantas de arroz, em condições de sequeiro, um mecanismo mais sensível de movimento estomático, uma vez que os estômatos agiram no sentido de otimizar a relação A/E.

As plantas dos tratamentos com e sem gesso tiveram diferença expressiva para a eficiência do uso da água, sendo mais eficiente que as plantas não tratadas com gesso em 16,23%. Nota-se que quando as canas foram tratadas com o gesso a fotossíntese foi maior e a taxa de transpiração menor que o tratamento controle, e que mesmo não sendo significativo resultou em melhor aproveitamento da água (Tabela 12). Esse resultado pode ser explicado pelo aprofundamento radicular em função do uso do gesso, causando assim uma maior captação de água, essa que é uma das protagonistas nas reações envolvidas no processo da fotossíntese, juntamente com o  $\text{CO}_2$  e a luz.

A eficiência instantânea de carboxilação não foi influenciada pelas doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e nem pela aplicação de gesso agrícola (Tabelas 11 e 12). Influenciado pelo déficit hídrico, ocorre o fechamento estomático com o intuito de minimizar a perda de água pela transpiração, podendo também diminuir a difusão de  $\text{CO}_2$  para a câmara subestomática, refletindo em valores mais baixos da fotossíntese (PRADO et al., 2001). Conseqüentemente, isso se reflete na eficiência instantânea de carboxilação. No presente trabalho observaram-se baixos valores da relação A/Ci com uma média de 0,088, provavelmente devido as baixas taxas fotossintéticas apresentadas pelas plantas.

Para os teores de nutrientes em folha não foram constatados diferenças relevantes em função das doses de silicato para os nutrientes estudados (N, P, K, Ca, Mg e S) em contra

partida o Si em folha apresentou um resultado inversamente proporcional para as doses de silicato (Tabela 13).

A absorção dos nutrientes pela planta pode ter sido influenciada pelo regime prolongado de falta de água ocorrido na área do experimento. Considerando também que os elementos N, P, K e Mg são nutrientes móveis dentro da planta. Assim concluí-se que, possivelmente devido ao severo período de estresse hídrico e, sabendo que a absorção de nutrientes é influenciada negativamente pela falta de água, a planta estressada usou do processo fisiológico de translocação de nutrientes, das folhas mais velhas para folhas mais novas, resultando assim em teores não significativos na folha +3 para esses elementos.

Sobral et al. (2011) verificaram que a aplicação de doses de escória siderúrgica (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 Mg ha<sup>-1</sup>) não afetaram os teores foliares de cálcio, magnésio e fósforo da variedade de cana-de-açúcar RB92579. Em contra partida Prado et al. (2003), também trabalhando com uso de silício proveniente de escória, verificaram incremento nos teores de cálcio e fósforo em folhas de cana-de-açúcar. Isto mostra que ainda há certa imprecisão quanto o efeito do silicato de cálcio e magnésio sobre os teores de macronutrientes nas folhas.

**Tabela 13 - Teores de nutrientes em folha da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 300 DDC, em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*) significativo ao nível de 5%.**

Doses de Silicato	N	P	K	Ca	Mg	S	Si
	g kg <sup>-1</sup>						
0	15,88	1,63	11,25	4,50	1,63	1,38	6,38
1	14,75	1,38	11,75	4,50	1,50	1,63	6,88
2	16,38	1,63	11,25	4,88	1,75	1,63	6,60
3	15,13	1,38	11,75	4,75	1,13	1,38	5,26
4	15,75	1,38	11,75	4,75	1,50	1,38	5,35
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

Os níveis de silício em folha encontrados no presente estudo ficaram abaixo de 10 g kg<sup>-1</sup>, valor considerado como nível crítico de silício na matéria seca da folha para a cultura de cana-de-açúcar (ANDERSON et al., 1991). Sobral et al. (2011) não verificaram incrementos nos teores de silício na massa seca de folha de cana-de-açúcar em função das doses de silício, cujo a dose máxima foi de 4 Mg ha<sup>-1</sup>. Já Sousa et al. (2010), estudando o aproveitamento do silício proveniente da aplicação de quatro doses de escória siderúrgica (0, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) pela mesma cultura, observaram o aumento do teor foliar de silício.

Em resposta a aplicação do gesso, tem-se o aumento dos teores de Ca, S e Si nas folhas, enquanto que o Mg. Já os níveis de N, P e K não foram afetados pela aplicação do corretivo (Tabela 14). Rocha (2007) verificou que a aplicação de doses de gesso que variaram de 1,1 a 6,9 Mg ha<sup>-1</sup>, não afetaram os níveis foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em cana-de-açúcar aos 150 DAP, enquanto que, aos 480 DAP, o gesso aumentou os níveis de enxofre e cálcio na folha.

**Tabela 14 - Teores de nutrientes em folha da cana-de-açúcar (2º ciclo) aos 300 DDC, em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. (ns) não significativo ao nível de 5%; (\*) significativo ao nível de 5%; (\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F.**

Tratamento	Nutrientes em folha (g kg <sup>-1</sup> )						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Si
Sem Gesso	15,45	1,45	11,55	4,45	1,60	1,25	5,76
Com Gesso	15,70	1,50	11,55	4,90	1,40	1,70	6,43
	ns	ns	ns	*	*	**	**

### 4.3 Avaliações agroindustriais e produtividade

As variáveis agroindustriais: POL corrigida (PC), fibra da cana (FIBRA), açúcares polarizáveis (POL), pureza da cana (PUREZA), sólidos solúveis totais (BRIX) e açúcares totais recuperáveis (ATR) não foram influenciadas pela aplicação das doses crescentes de silicato de cálcio associadas ou não ao gesso agrícola na Usina Capricho (Tabela 15). Leite et al. (2008), estudando os efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio em cana-de-açúcar, verificaram que a os tratamentos que receberam aplicação de silicato de cálcio apresentaram percentagens de fibra superiores ao controle. No mesmo trabalho os autores não observaram efeito das doses de silício para as variáveis PC, POL, BRIX e ATR, resultado legitimado por Fonseca (2011), que também não encontrou efeitos significativos para os mesmos indicadores tecnológicos nos colmos de cana-planta em função da aplicação de escória de siderurgia.

**Tabela 15 - Características químico-tecnológicas da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função de doses de silício aplicadas isoladamente ou associadas ao gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. ns: não significativo pelo Teste F; CV1 (%): coeficiente de variação referente às parcelas; CV2 (%): coeficiente de variação referente às subparcelas.**

Doses de Silicato (Mg ha <sup>-1</sup> )	PC			FIBRA			POL		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
	<b>Gesso</b>								
0	15,30	15,29	15,30	15,42	15,53	15,48	19,19	19,21	19,20
1	15,40	15,68	15,54	15,43	15,38	15,41	19,32	19,66	19,49
2	15,68	15,60	15,64	15,43	15,30	15,37	19,67	19,52	19,60
3	15,62	15,49	15,56	15,37	15,31	15,34	19,58	19,39	19,49
4	15,56	15,41	15,49	15,40	15,52	15,46	19,51	19,36	19,44
<b>Média</b>	15,51	15,49		15,41	15,41		19,45	19,43	
	ns			ns			ns		
<b>CV1 (%)</b>	1,74			1,13			1,73		
<b>CV2 (%)</b>	2,24			1,39			2,28		
Doses de Silicato (Mg ha <sup>-1</sup> )	PUREZA			BRIX			ATR		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
	<b>Gesso</b>								
0	83,99	84,26	84,13	22,85	22,80	22,83	149,98	149,77	149,88
1	83,66	83,83	83,75	23,10	23,45	23,28	150,98	153,60	152,29
2	84,44	84,24	84,34	23,30	23,18	23,24	153,46	152,72	153,09
3	83,75	83,57	83,66	23,38	23,20	23,29	153,03	151,83	152,43
4	83,31	84,55	83,93	23,43	22,90	23,17	152,56	150,87	151,72
<b>Média</b>	83,83	84,09		23,21	23,11		152,00	151,76	
	ns			ns			ns		
<b>CV1 (%)</b>	1,08			1,63			1,62		
<b>CV2 (%)</b>	1,33			2,30			2,11		

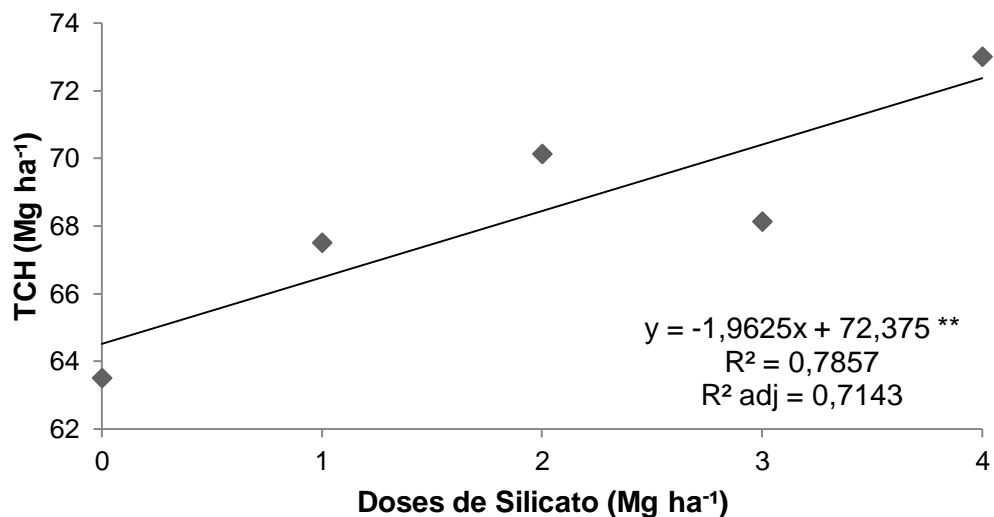
O rendimento de colmos por hectare (TCH) e o rendimento de Pol por hectare (TPH) aumentaram com a aplicação de silicato de cálcio e magnésio (Tabela 16). O rendimento de colmos apresentou um comportamento linear de acordo com o aumento das doses de silicato, mostrando um incremento médio de 15% com a maior dose (4 Mg ha<sup>-1</sup>) sobre a dose controle (Figura 9). Na literatura, vários autores como: Ross et al. (1974), Korndörfer et al. (2000), Madeiros et al. (2008), Foltran (2008), Demattê et al. (2011), entre outros, em trabalhos com o mesmo foco, apresentam resultados de produtividade a varias décadas que corroboram com os apresentados neste trabalho.

**Tabela 16 - Rendimento de colmos (TCH) e rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste F.**

Doses de Silicato	TCH	TPH
	Mg ha <sup>-1</sup>	
0	63,50	9,70
1	67,50	10,51
2	70,13	10,98
3	68,13	10,60
4	73,00	11,31
	*	*
CV (%)	6,74	7,39

Também foi verificado uma correlação positiva entre a produtividade e o pH do solo após dois anos da aplicação do silicato de cálcio e magnésio ( $r = 0,926$ ).

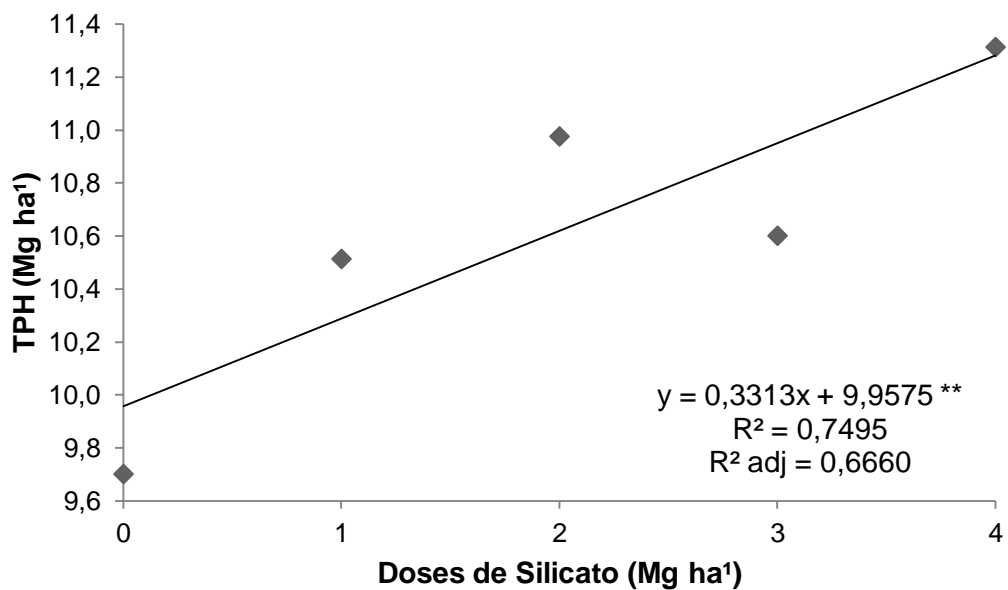
**Figura 9 - Rendimento de colmos (TCH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F.**



O rendimento de POL por hectare também aumentou com a aplicação de silicato de cálcio e magnésio, implementando um ajuste linear (Figura 10). O acréscimo de rendimento de POL sobre o tratamento controle foi de quase 17% para a dose de 4 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 16).

Esse resultado é semelhante ao encontrado por Ayres (1966) no Havaí, que observou um incremento de 22% na produção de açúcar, utilizando  $6,2 \text{ t ha}^{-1}$  de escória de forno elétrico.

**Figura 10 - Rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2º ciclo) em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F.**



Por outro lado, a utilização do gesso mineral não apresentou efeito sobre a TCH e o TPH (Tabela 17). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Rocha (2007), que ao utilizar cinco doses de gesso agrícola também não observou efeitos significativos para TCH e TPH, porém, vão de encontro ao observado por muitos outros autores, entre estes, Medina e Brinholi (1988), que estudando doses de gesso e calcário, observaram diferenças entre os tratamentos, associando as melhores respostas a presença do gesso, quer seja isolado ou acompanhado do calcário.

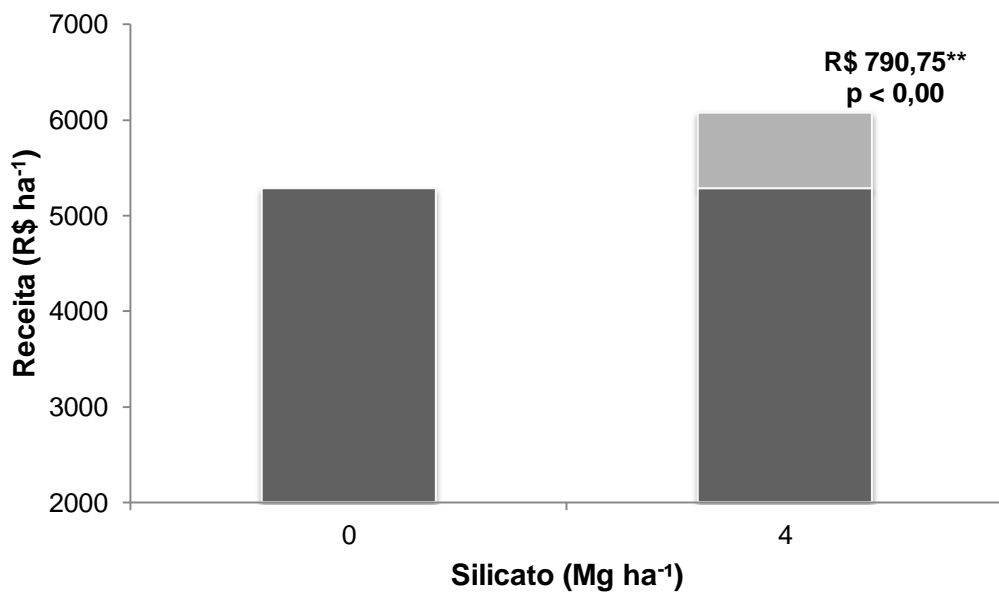
**Tabela 17 - Rendimento de colmos (TPH) e rendimento de Pol (TPH) da cana-de-açúcar (2° ciclo) em função da aplicação de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.**

Tratamento	TCH	TPH
	: : : : : Mg ha <sup>-1</sup> : : : : :	
Sem Gesso	67,30	10,46
Com Gesso	69,60	10,79
	ns	ns
DMS	3,12	0,57
CV (%)	6,77	8,02

#### 4.4 Análise econômica

Ao calcular a receita bruta da cana-de-açúcar (2° ciclo) por hectare em função da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, obteve-se a um incremento de R\$ 790,75 sobre o tratamento controle (0 Mg ha<sup>-1</sup>) quando se aplicou 4 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 11).

**Figura 11 - Receita por hectare da cana-de-açúcar (2° ciclo) em função do uso ou não de silicato de cálcio e magnésio, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. \*\*: significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo Teste F.**

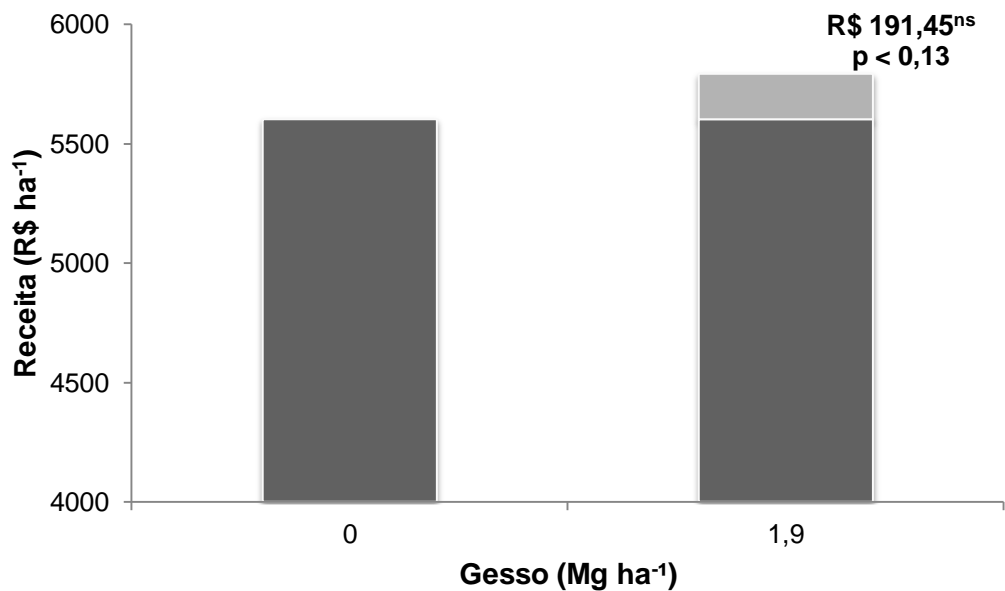


Como o produto trata-se de um resíduo da siderurgia, o mesmo apresenta um valor bem acessível, custando em torno de R\$ 39,00 por tonelada, ou seja, na dose máxima (4 Mg

ha<sup>-1</sup>) o custo total com o produto foi de apenas R\$ 156,00 por hectare, proporcionando um ótimo custo benefício, ou seja, apresentou um retorno cinco vezes maior (R\$ 790,75) que o investimento inicial, considerando apenas o segundo ciclo.

Para a aplicação de gesso mineral, também se observou incremento, porém, de menor expressão, aumentando a receita em mais de R\$ 191,45<sup>ns</sup> por hectare no 2º ciclo da cana-de-açúcar com a dose de 1,9 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 12).

**Figura 12 - Receita por hectare de cana-de-açúcar (2º ciclo) em função do uso ou não de gesso agrícola, Usina Capricho, Cajueiro, AL, 2012. <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste F.**



Visto que esse produto é uma rocha (Gipsita) moída, também apresenta um valor bem acessível, podendo ser comprado por R\$ 36,00 a tonelada, no experimento em questão gastou-se menos de R\$ 69,00 por hectare com o produto, obtendo-se um ganho de quase 177% em cima do valor investido.



## 5 CONCLUSÕES

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio no plantio aumenta o diâmetro do colmo e a produtividade da cana-de-açúcar (2º ciclo);

A aplicação do gesso mineral no plantio proporciona melhor eficiência no uso da água, aumenta os teores de cálcio, enxofre e silício e diminui a concentração foliar de magnésio nas plantas de cana-de-açúcar (2º ciclo);

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio juntamente com o gesso mineral no plantio proporciona maior alocação de biomassa para as raízes de cana-de-açúcar (2º ciclo), havendo também uma melhor distribuição das mesmas no perfil do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA B. F. A. de. **Avaliação de dois métodos utilizados como substrato na hibridação da cana-de-açúcar (*Sacharum spp.*)**. 2010. 35p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, 2010.
- ALVAREZ V. H.; DIAS, L. E. **Enxofre**. 1.ed. Viçosa: ABEAS/Universidade Federal de Viçosa, 1994. 106p.
- ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. & NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agrícola**, v. 57, p 653-659, 2000.
- ALVES, W. W. A.; ALBUQUERQUE, J. H. de; OLIVEIRA, F. A. de; AZEVEDO, C. A. V. de; DANTAS NETO, J. Água disponível no solo e adubação fosfatada: efeito sobre o crescimento e desenvolvimento do milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.04, n. 1, 2009.
- ANDERSON, D. L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fertilizer Research Hague**, v. 30, n. 1, p. 9-18, 1991.
- AYRES, A. S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low silicon soils. **Soil Science**, v. 101, n. 3, p. 216-227, 1966.
- BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; SANTOS, A. V. P. dos; RIBEIRO, C. A. G.; BARRETO, E. J. S. da; MOURA FILHO, G.; SOUZA, J. L.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. de M.; FERREIRA, P. V.; SILVA, W. C. M. Três novas variedades RB de cana-de-açúcar. UFAL/CECA/PMGCA. **Boletim técnico**. n. 2. 18p. : il. 2003.
- BORGES, D. H. de A. **Efeito do silicato de cálcio e magnésio e do gesso agrícola no crescimento, produção e potencial hídrico da cana-de-açúcar**. 2012. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2012.
- BRAGA, D. L. Crescimento de cana-de-açúcar 1ª soca sob fertirrigação potássica. In: CONGRESSOS NACIONAIS DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 21, 2011, Petrolina. **Anais...** Petrolina: ABID, 2011. Disponível em: <<http://abid.org.br/revista.asp>>. Acesso em: 05 jan. 2012.
- BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, v. 2, p. 48-54, 1997.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. cap. 2, p. 95-104.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T. & CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1213-1218, 2004.

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

CASTRO, P. R. C. Comportamento do Citrus sob deficit hídrico. **Laranja**, v. 2, n.15, p.139-154,1994.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador mensal CEPEA/ESALQ** – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. – São Paulo. Disponível em: < <http://cepea.esalq.usp.br/acucar/?page=430> >. Acesso em: 12 Fev. 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2012** – Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab 2012. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_08\\_09\\_15\\_07\\_05\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_agosto\\_2012\\_2o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_15_07_05_boletim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2012.

CONSECANA-AL/SE. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool dos Estados de AL e SE. **Sistema de remuneração da tonelada de cana-de-açúcar com base no açúcar total recuperável (ATR) safra 2006/2007**. 12 p. 2006.

CORRÊA, J. C.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, A. C.; MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 263-272, 2009.

COSTA, M. C. G.; MAZZA, J. A.; VITTI, G. C.; JORGE, L. A. de C. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1503-1514, 2007.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. A. M. da; KORNDORFER, G. H. Desenvolvimento de milho irrigado e adubado com silicato de cálcio e magnésio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 4, p. 337-350, 2011.

DEMATTÊ, J. L. I.; PAGGIARO, C. M.; BESTRAME, J. A.; RIBEIRO, S. S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações agronômicas**, n. 133, p. 1-12, 2011.

DENG, X., et al. A comparison of photosynthetic apparatus of the detached leaves of the resurrection plant *Boea hygrometrica* with its con-tolerant relative *Chirita hererotrichia* in response to dehydration and rehydration. **Plant Science**, v. 165, p. 851-861, 2003.

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

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. Centro nacional de pesquisas de solos, 2<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ELAWAD, S. H.; GREEN JR., V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO**, v. 28, p. 235-253, 1979.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of plants physiology and plant molecular biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.

FARIAS, R. J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FOLTRAN, R. **Aplicação de calcário, silicato e gesso em soqueira de cana-de-açúcar sem despalha a fogo**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2008.

FONSECA, I. M. **Atributos químicos do solo, nutrição e produtividade da cana-planta em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia**. 2011. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. 2001. 144 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, A. V. de; GUILHERME, L. R. G. & GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

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

GELAIN, E.; JUNIOR, E. J. R.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R.; ROSA, Y. B. C. J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

GOMES, M.M.A. et al. Trocas gasosas e quantificação do ácido abscísico em duas cultivares de arroz de sequeiro submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.3, p.177-183, 1997.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V. ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. de G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 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 da STAB**, v. 17, p. 32-34, 1999.

HOPKINS, W. G. **A new view of statistics**. 2002. Disponível em: <<http://sportsci.org/resource/stats/>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual review of plant physiology**, v.24, p.519-570, 1972.

HUMBRET, H.P. **The growing of sugar cane**. New York: Elsevier, 1968. 779p.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, 8107-122. 2004

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185-202. 2005.

KATO, N. & OWA, N. Dissolution of slag in water and calcium chloride solution: Effects of solution pH and calcium concentration on solubilities of slags. **Soil Science Plant Nutrition**, 67:626-32, 1996.

KOFFLER, N. F.; LIMA, J. F. W. F.; LACERDA, M. F.; SANTANA, J. F.; SILVA, M. A. **Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil**. 1. ed. Piracicaba: IAA-PLANALSUCAR. 1986. 78p.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, n.70, p. 1-3, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; GASCHO, G. J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 1. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 23., 1999 Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 313-316.

KORNDÖRFER, G. H.; M.BENEDINI; F. B. PAULA; R. C. S. CHAGAS. 2000. Cimento como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **Revista STAB**, Piracicaba/SP. v.19, n.2, p.30-33.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do Silício na Produção de Cana-de-Açúcar. **Revista STAB**, v. 21, n. 2, 2002.

KRAMER, P.J. **Plant and Soil Water Relationship: Modern Synthesis**, New York, McGraw Hill, 1969. 538p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LAWLOR, D.W. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany** v.89, p.871-885, 2002.

LEITE, G. M. V.; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, 2008.

LEMOS-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LIMA, W. D. de. **Fisiologia do florescimento do cafeeiro**. 2008. 26 f. Trabalho de conclusão de curso. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, Muzambinho, 2008.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L. R. G. **Fertilidade do solo e produção agrícola**. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. cap I, p.2.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). **Ecofisiologia de culturas extrativistas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendzeiro e oliveira**. Piracicaba: Cosmópolis Stoller do Brasil, 2001. v. 1, p. 13-45.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. **Studies in Plant Science**, v. 8, p. 17-39, 2001.

MACHADO Jr. G. R.; BRAGA Jr. R. L. C. Evolução da área de plantio de variedades entre os produtores cooperados à Copersucar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB. 5. São Paulo. **Anais...** Águas de Pedro – SP: STAB, 1993. p. 122 – 124.

MACHADO, E.C. et al. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos à deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, n.2, p.139-147, 1996.

MACHADO, E.C.; LAGÔA, A.M.M.A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v.53, n.2, p.141-149, 1994.

MADEIROS L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 027-037, 2009.

MADEIROS L. B.; VIEIRA, A. O.; NETO, J. D.; BELTRÃO, N. E. M.; AQUINO, B. F. Influência da escória siderúrgica sobre a produtividade e crescimento da cana-de-açúcar irrigada. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 192-202, 2008.

MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. de O.; AQUINO, B. F. de. Influência da escória siderúrgica sobre trocas gasosas e produção de biomassa da cana-de-açúcar. **Engenharia Ambiental**, v. 06, n. 2, p. 121-129, 2009.

MAESTRI, M. Rumos da fisiologia vegetal no Brasil. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 12, n. 1, p. 5-9, 2000.

MATSUOKA, S.; LAVORENTI, N. A.; MENEZES, L. L.; SALIBE, A. C.; GHELLER, A. C. A.; ARIZONO, H. Novas variedades de cana-de-açúcar para a região Oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 7., 1999, Londrina. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1999. p. 34-39.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v.29, p.353-360, 1989.

MEDINA, C.; BRINHOLI, O. Uso de resíduos agroindustriais nas produções de cana-de-açúcar, açúcar e álcool. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1821-1825, 1998.

MELO, F. A. D.; FIGEIREDO, A. A.; ALVES, M. C. P.; FERREIRA, U. M. Parâmetros Tecnológico da cana-de-açúcar em diferentes fundos agrícolas da região Norte do Estado do Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1999. p.198-202.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 849p.

MEURER, E. J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas**. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. II, p.74.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. 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.; NELLI, E.J.; DEMATTÊ, J.L.I.; DALBEN, A.E. 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.

MYAKE, Y. & TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 29, p. 71-83, 1983.



- 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. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Jataí, 2009.
- OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBOM, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 87-94, 2004.
- ORIOLO JÚNIOR, V.; ARF, O.; COSTA, R. S.; BUZETTI, S. Modos de aplicação e doses de silício em dois cultivares de trigo cultivados em semeadura direta. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.377-383, 2008.
- PEREIRA, H. S. et al. Silicon sources for the rice plants. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 522-528, 2004.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. 1998. 158 f. Rio de Janeiro: EDUR - Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.
- PRADO, C.H.B.A, PASSOS, E.E.M., MORAES, J.A.P.V., 2001. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *Cocos nucifera* in wet and dry seasons. **South African Journal of Botany**, v. 67, p.169-176, 2001.
- PRADO, F. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.287-296, 2003.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1199-1204, 2001.
- PUPATTO, J. G. C. **Trocas gasosas e eficiência de uso da água da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de silício**. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.

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

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ - Departamento de Física e Meteorologia, 1996. 513p.

ROCHA, A. T. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e industrial**. 2007. 78 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

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

ROSS, L., NABABSING, P. and Wong You Cheong, Y. 1974. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: International Cong. the Soc. Sugar Cane Technol. 15, Durban, **Proceedings...** v. 15 n. 2 p. 539-542, 1974.

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**, v.14, n.1, p. 19-22, 1995.

SAMPAIO, E. V. et al. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. Campinas, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.19 p.269-279, (1995).

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Eficiência de utilização de ureia-<sup>15</sup>N por cana-planta em 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.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SASSAKI, R.M.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1571-1579, 1999.

SCHULZE, E.D. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 37 p. 247-274, 1986.

SCHREIBER, U. et al. 1995. **Assessment of photosystem II photochemical quantum yield by chlorophyll fluorescence quenching analysis**. Australian Journal of Plant Physiology 22, 209–220.

SILVA, M. DE A. et al. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 3, p. 193-201, 2007.

SILVA, P. B. **Aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de-açúcar submetidos a estresse hídrico**. 2010. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo - AL, 2010.

SINDAÇÚCAR-AL. Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas. **Preço da cana-de-açúcar**. Maceió. Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/>>. Acesso em: 16 jul. 2013.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v. 98, p. 91-97, 2006.

SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B.V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 8, p. 867-872, 2011.

SORATTO, R. P. **Aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1996. 20 p. (Circular técnica, 32).

SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H.; WANGEN, D. R. B. Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n.3, p. 669-676, 2010.

SOUZA, M. A. S.; SANTOUCY, S. G.; SILVA, D. R. G.; MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G.; FAQUIN, V. Área e comprimento foliar da *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu aos 30 dias de cultivo submetidos a diferentes corretivos de solo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12.; ENCONTRO LATINO

AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8., 2008, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2008. 4 p.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. **A importância do enxofre na agricultura brasileira.** Informações agronômicas. P. 1-20 n. 129, 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.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana de açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 27, n. 3, p. 849-858. 2003.

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.** 2011. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

## APÊNDICE

### Apêndice I. Análises estatísticas das variáveis avaliadas.

Variável analisada: Nitrogênio em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	4.275000	1.425000	0.573	0.6436
SILICATO	4	13.150000	3.287500	1.322	0.3172
erro 1	12	29.850000	2.487500		
GESSO	1	0.625000	0.625000	0.547	0.4708
GESSO*SILICATO	4	4.750000	1.187500	1.040	0.4191
erro 2	15	17.125000	1.141667		
Total corrigido	39	69.775000			
CV 1 (%) =	10.13				
CV 2 (%) =	6.86				
Média geral:	15.5750000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Fósforo em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1.875000	0.625000	2.500	0.1091
SILICATO	4	0.600000	0.150000	0.600	0.6698
erro 1	12	3.000000	0.250000		
GESSO	1	0.025000	0.025000	0.097	0.7600
GESSO*SILICATO	4	0.600000	0.150000	0.581	0.6813
erro 2	15	3.875000	0.258333		
Total corrigido	39	9.975000			
CV 1 (%) =	33.90				
CV 2 (%) =	34.46				
Média geral:	1.4750000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Potássio em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	4.100000	1.366667	3.037	0.0707
SILICATO	4	2.400000	0.600000	1.333	0.3134
erro 1	12	5.400000	0.450000		
GESSO	1	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000	0.000	0.9975
GESSO*SILICATO	4	1.000000	0.250000	0.417	0.7941
erro 2	15	9.000000	0.600000		
Total corrigido	39	21.900000			
CV 1 (%) =	5.81				
CV 2 (%) =	6.71				
Média geral:	11.5500000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Cálcio em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.675000	0.225000	1.000	0.4262
SILICATO	4	0.900000	0.225000	1.000	0.4449
erro 1	12	2.700000	0.225000		
GESSO	1	2.025000	2.025000	5.170	0.0381
GESSO*SILICATO	4	0.600000	0.150000	0.383	0.8174
erro 2	15	5.875000	0.391667		
Total corrigido	39	12.775000			
CV 1 (%) =	10.15				
CV 2 (%) =	13.39				
Média geral:	4.6750000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Magnésio em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

BL	3	2.600000	0.866667	2.849	0.0820
SILICATO	4	1.750000	0.437500	1.438	0.2808
erro 1	12	3.650000	0.304167		
GESSO	1	0.400000	0.400000	4.800	0.0447
GESSO*SILICATO	4	0.350000	0.087500	1.050	0.4146
erro 2	15	1.250000	0.083333		
Total corrigido	39	10.000000			
CV 1 (%) =	36.77				
CV 2 (%) =	19.25				
Média geral:	1.5000000	Número de observações:		40	

Variável analisada: Enxofre em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1.875000	0.625000	3.750	0.0413
SILICATO	4	0.600000	0.150000	0.900	0.4940
erro 1	12	2.000000	0.166667		
GESSO	1	2.025000	2.025000	10.565	0.0054
GESSO*SILICATO	4	0.600000	0.150000	0.783	0.5539
erro 2	15	2.875000	0.191667		
Total corrigido	39	9.975000			
CV 1 (%) =	27.68				
CV 2 (%) =	29.68				
Média geral:	1.4750000	Número de observações:		40	

Variável analisada: Silício em folha

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.059708	0.019903	1.844	0.1930
SILICATO	4	0.175190	0.043797	4.058	0.0262
erro 1	12	0.129530	0.010794		
GESSO	1	0.044223	0.044223	13.486	0.0023
GESSO*SILICATO	4	0.019640	0.004910	1.497	0.2527
erro 2	15	0.049187	0.003279		
Total corrigido	39	0.477477			
CV 1 (%) =	17.05				
CV 2 (%) =	9.40				

Média geral: 0.6092500 Número de observações: 40

Variável analisada: Altura da planta (90 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	735.945607	245.315202	12.023	0.0006
SILICATO	4	16.606410	4.151603	0.203	0.9316
erro 1	12	244.851130	20.404261		
GESSO	1	165.689702	165.689702	3.184	0.0946
GESSO*SILICATO	4	41.591210	10.397803	0.200	0.9346
erro 2	15	780.616238	52.041083		
Total corrigido	39	1985.300297			
CV 1 (%) =	13.78				
CV 2 (%) =	22.00				
Média geral:	32.7877500		Número de observações:	40	

Variável analisada: Diâmetro do colmo (90 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	3.113530	1.037843	27.408	0.0000
SILICATO	4	0.062465	0.015616	0.412	0.7965
erro 1	12	0.454395	0.037866		
GESSO	1	0.547560	0.547560	3.190	0.0943
GESSO*SILICATO	4	0.113915	0.028479	0.166	0.9524
erro 2	15	2.574925	0.171662		
Total corrigido	39	6.866790			
CV 1 (%) =	12.64				
CV 2 (%) =	26.91				
Média geral:	1.5395000		Número de observações:	40	



Variável analisada: Perfilhos (90 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	47.874000	15.958000	3.163	0.0641
SILICATO	4	44.916500	11.229125	2.226	0.1273
erro 1	12	60.543500	5.045292		
GESSO	1	49.284000	49.284000	2.519	0.1333
GESSO*SILICATO	4	32.513500	8.128375	0.415	0.7949
erro 2	15	293.492500	19.566167		
Total corrigido	39	528.624000			
CV 1 (%) =	9.49				
CV 2 (%) =	18.68				
Média geral:	23.6800000	Número de observações:		40	

Variável analisada: Área foliar (90 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	4473513.780180	1491171.260060	19.302	0.0001
SILICATO	4	184764.994585	46191.248646	0.598	0.6712
erro 1	12	927037.828495	77253.152375		
GESSO	1	333632.143360	333632.143360	1.173	0.2960
GESSO*SILICATO	4	100070.612165	25017.653041	0.088	0.9849
erro 2	15	4267637.367375	284509.157825		
Total corrigido	39	10286656.726160			
CV 1 (%) =	21.00				
CV 2 (%) =	40.31				
Média geral:	1323.3060000	Número de observações:		40	

Variável analisada: Altura da planta (300 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

BL	3	1787.854000	595.951333	6.055	0.0094
SILICATO	4	613.557500	153.389375	1.558	0.2479
erro 1	12	1181.128500	98.427375		
GESSO	1	41.209000	41.209000	1.416	0.2525
GESSO*SILICATO	4	414.028500	103.507125	3.558	0.0312
erro 2	15	436.422500	29.094833		
Total corrigido	39	4474.200000			
CV 1 (%) =	5.49				
CV 2 (%) =	2.98				
Média geral:	180.7500000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Diâmetro do colmo (300 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.065000	0.021667	1.052	0.4054
SILICATO	4	0.034885	0.008721	0.423	0.7889
erro 1	12	0.247175	0.020598		
GESSO	1	0.037210	0.037210	1.659	0.2173
GESSO*SILICATO	4	0.034015	0.008504	0.379	0.8201
erro 2	15	0.336475	0.022432		
Total corrigido	39	0.754760			
CV 1 (%) =	5.97				
CV 2 (%) =	6.23				
Média geral:	2.4040000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Perfilhos (300 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	67.396750	22.465583	7.708	0.0039
SILICATO	4	12.319000	3.079750	1.057	0.4192
erro 1	12	34.977000	2.914750		
GESSO	1	0.006250	0.006250	0.001	0.9708
GESSO*SILICATO	4	13.165000	3.291250	0.728	0.5866
erro 2	15	67.823750	4.521583		
Total corrigido	39	195.687750			
CV 1 (%) =	13.23				
CV 2 (%) =	16.47				

Média geral: 12.9075000 Número de observações: 40

Variável analisada: Área foliar (300 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	8180062.656750	2726687.552250	26.575	0.0000
SILICATO	4	453785.334000	113446.333500	1.106	0.3981
erro 1	12	1231247.672000	102603.972667		
GESSO	1	3412604.306250	3412604.306250	9.392	0.0079
GESSO*SILICATO	4	304457.860000	76114.465000	0.209	0.9291
erro 2	15	5450405.338750	363360.355917		
Total corrigido	39	19032563.167750			
CV 1 (%) =	9.08				
CV 2 (%) =	17.09				
Média geral:	3526.5325000				
			Número de observações:	40	

Variável analisada: Altura da planta (390 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	2487.634750	829.211583	5.418	0.0137
SILICATO	4	132.925000	33.231250	0.217	0.9238
erro 1	12	1836.539000	153.044917		
GESSO	1	17.030250	17.030250	0.169	0.6867
GESSO*SILICATO	4	172.621000	43.155250	0.429	0.7857
erro 2	15	1510.013750	100.667583		
Total corrigido	39	6156.763750			
CV 1 (%) =	6.36				
CV 2 (%) =	5.16				
Média geral:	194.5125000				
			Número de observações:	40	

Variável analisada: Diâmetro do colmo (390 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.146288	0.048763	3.631	0.0451
SILICATO	4	0.239885	0.059971	4.465	0.0193
erro 1	12	0.161175	0.013431		
GESSO	1	0.006502	0.006502	0.331	0.5733
GESSO*SILICATO	4	0.043885	0.010971	0.559	0.6957
erro 2	15	0.294263	0.019618		
Total corrigido	39	0.891998			
CV 1 (%) =	4.74				
CV 2 (%) =	5.73				
Média geral:	2.4452500	Número de observações:	40		

Variável analisada: Perfilhos (390 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	40.128750	13.376250	7.487	0.0044
SILICATO	4	4.570000	1.142500	0.639	0.6444
erro 1	12	21.440000	1.786667		
GESSO	1	3.080250	3.080250	2.491	0.1354
GESSO*SILICATO	4	3.016000	0.754000	0.610	0.6619
erro 2	15	18.548750	1.236583		
Total corrigido	39	90.783750			
CV 1 (%) =	11.54				
CV 2 (%) =	9.60				
Média geral:	11.5875000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Área foliar (390 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

BL	3	2620473.422000	873491.140667	6.726	0.0065
SILICATO	4	212747.240215	53186.810054	0.410	0.7985
erro 1	12	1558402.644525	129866.887044		
GESSO	1	103931.908090	103931.908090	0.222	0.6442
GESSO*SILICATO	4	257860.098985	64465.024746	0.138	0.9657
erro 2	15	7018418.007825	467894.533855		
Total corrigido	39	11771833.321640			
CV 1 (%) =		24.74			
CV 2 (%) =		46.96			
Média geral:	1456.5420000		Número de observações:	40	

Variável analisada: Altura no tempo

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	3871.085956	1290.361985	9.718	0.0015
SI	4	346.696455	86.674114	0.653	0.6360
erro 1	12	1593.382365	132.781864		
GESSO	1	37.218741	37.218741	2.405	0.2187
GESSO*SI	4	357.479255	89.369814	5.775	0.0907
erro 2	3	46.423989	15.474663		
TEMPO	2	643154.557372	321577.278686	4217.474	0.0000
TEMPO*SI	8	416.456720	52.057090	0.683	0.7052
TEMPO*GESSO	2	186.872772	93.436386	1.225	0.2997
TEMPO*GESSO*SI	8	270.322820	33.790352	0.443	0.8911
erro 3	72	5489.912215	76.248781		
Total corrigido	119	655770.408659			
CV 1 (%) =		8.47			
CV 2 (%) =		2.89			
CV 3 (%) =		6.42			
Média geral:	136.0160833		Número de observações:	120	

Variável analisada: Diâmetro no tempo

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1.435663	0.478554	14.886	0.0002
SI	4	0.174497	0.043624	1.357	0.3057
erro 1	12	0.385783	0.032149		
GESSO	1	0.112241	0.112241	0.470	0.5421
GESSO*SI	4	0.066863	0.016716	0.070	0.9867
erro 2	3	0.715843	0.238614		

TEMPO	2	21.389132	10.694566	165.244	0.0000
TEMPO*SI	8	0.100443	0.012555	0.194	0.9909
TEMPO*GESSO	2	0.473632	0.236816	3.659	0.0307
TEMPO*GESSO*SI	8	0.082427	0.010303	0.159	0.9954
erro 3	72	4.659837	0.064720		

-----  
Total corrigido 119 29.596359  
-----

CV 1 (%) = 8.40

CV 2 (%) = 22.87

CV 3 (%) = 11.91

Média geral: 2.1355833 Número de observações: 120  
-----

Variável analisada: Perfilhos no tempo

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )  
-----

#### TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	27.179820	9.059940	2.130	0.1497
SI	4	5.952558	1.488140	0.350	0.8392
erro 1	12	51.037622	4.253135		
GESSO	1	9.064003	9.064003	1.062	0.3785
GESSO*SI	4	17.594622	4.398655	0.516	0.7350
erro 2	3	25.598230	8.532743		
TEMPO	2	3515.963462	1757.981731	230.607	0.0000
TEMPO*SI	8	56.231647	7.028956	0.922	0.5036
TEMPO*GESSO	2	43.120452	21.560226	2.828	0.0657
TEMPO*GESSO*SI	8	31.239573	3.904947	0.512	0.8434
erro 3	72	548.875078	7.623265		

-----  
Total corrigido 119 4331.857067  
-----

CV 1 (%) = 12.84

CV 2 (%) = 18.19

CV 3 (%) = 17.19

Média geral: 16.0583333 Número de observações: 120  
-----

Variável analisada: Área foliar no tempo

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )  
-----

#### TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1518045.502143	506015.167381	4.215	0.0298
SI	4	207645.230688	51911.307672	0.432	0.7828
erro 1	12	1440692.778298	120057.731525		
GESSO	1	844970.344803	844970.344803	1.205	0.3525
GESSO*SI	4	117376.789172	29344.197293	0.042	0.9949
erro 2	3	2102818.340170	700939.446723		

TEMPO	2	122090812.875420	61045406.437710	143.328	0.0000
TEMPO*SI	8	643705.911397	80463.238925	0.189	0.9917
TEMPO*GESSO	2	3005349.900087	1502674.950043	3.528	0.0345
TEMPO*GESSO*SI	8	545044.421463	68130.552683	0.160	0.9953
erro 3	72	30665881.815888	425915.025221		
-----					
Total corrigido	119	163182343.909530			
-----					
CV 1 (%) =		16.48			
CV 2 (%) =		39.83			
CV 3 (%) =		31.05			
Média geral:	2102.1265000		Número de observações:	120	
-----					

Variável analisada: Umidade do solo (JUL - 220 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.026733	0.008911	0.977	0.4121
SILICATO	1	0.264325	0.264325	28.972	0.0000
GESSO	1	0.003555	0.003555	0.390	0.5356
PROF	3	0.056700	0.018900	2.072	0.1173
SILICATO*GESSO	1	0.000570	0.000570	0.062	0.8038
SILICATO*PROF	3	0.059235	0.019745	2.164	0.1054
GESSO*PROF	3	0.018495	0.006165	0.676	0.5714
SILICATO*GESSO*PROF	3	0.010636	0.003545	0.389	0.7617
erro	45	0.410549	0.009123		
-----					
Total corrigido	63	0.850798			
-----					
CV (%) =		64.72			
Média geral:	0.1475781		Número de observações:	64	
-----					

Variável analisada: Umidade do solo (OUT - 300 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.049230	0.016410	2.308	0.0892
SILICATO	1	0.172536	0.172536	24.269	0.0000
GESSO	1	0.001590	0.001590	0.224	0.6386
PROF	3	0.110181	0.036727	5.166	0.0037
SILICATO*GESSO	1	0.001550	0.001550	0.218	0.6428
SILICATO*PROF	3	0.033504	0.011168	1.571	0.2095
GESSO*PROF	3	0.003888	0.001296	0.182	0.9080
SILICATO*GESSO*PROF	3	0.002952	0.000984	0.138	0.9367
erro	45	0.319922	0.007109		
-----					

Total corrigido	63	0.695354		
CV (%) =	64.60			
Média geral:	0.1305156	Número de observações:	64	

Variável analisada: Umidade do solo (DEZ - 370 DAC)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.025761	0.008587	1.576	0.2082
SILICATO	1	0.158703	0.158703	29.135	0.0000
GESSO	1	0.002665	0.002665	0.489	0.4879
PROF	3	0.072298	0.024099	4.424	0.0083
SILICATO*GESSO	1	0.001341	0.001341	0.246	0.6221
SILICATO*PROF	3	0.021474	0.007158	1.314	0.2815
GESSO*PROF	3	0.008897	0.002966	0.544	0.6544
SILICATO*GESSO*PROF	3	0.009675	0.003225	0.592	0.6234
erro	45	0.245125	0.005447		
Total corrigido	63	0.545939			
CV (%) =	67.47				
Média geral:	0.1093906	Número de observações:	64		

Variável analisada: Massa seca de raízes

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.109554	0.036518	0.511	0.6774
TRATAMENTO	3	0.867205	0.289068	4.046	0.0148
PROFUNDIDADE	2	4.905658	2.452829	34.328	0.0000
TRAT*PROF	6	0.268840	0.044807	0.627	0.7074
erro	33	2.357970	0.071454		
Total corrigido	47	8.509227			
CV (%) =	28.40				
Média geral:	0.9411000	Número de observações:	48		

Variável analisada: SPAD

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )



TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	2.086531	0.695510	7.012	0.0056
SILICATO	4	0.741182	0.185295	1.868	0.1809
erro 1	12	1.190223	0.099185		
GESSO	1	0.064923	0.064923	0.264	0.6151
GESSO*SILICATO	4	0.763524	0.190881	0.775	0.5582
erro 2	15	3.693281	0.246219		
Total corrigido	39	8.539663			
CV 1 (%) =	6.72				
CV 2 (%) =	10.59				
Média geral:	4.6852437	Número de observações:		40	

Variável analisada: Potencial hídrico foliar (5h)

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.065596	0.021865	2.234	0.1368
SILICATO	4	0.034067	0.008517	0.870	0.5096
erro 1	12	0.117448	0.009787		
GESSO	1	0.002179	0.002179	0.179	0.6779
GESSO*SILICATO	4	0.022923	0.005731	0.472	0.7559
erro 2	15	0.182261	0.012151		
Total corrigido	39	0.424473			
CV 1 (%) =	20.75				
CV 2 (%) =	23.12				
Média geral:	0.4768524	Número de observações:		40	

Variável analisada: Potencial hídrico foliar (12h)

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.015016	0.005005	0.796	0.5194
SILICATO	4	0.026888	0.006722	1.069	0.4138
erro 1	12	0.075453	0.006288		
GESSO	1	0.000232	0.000232	0.025	0.8766
GESSO*SILICATO	4	0.017024	0.004256	0.458	0.7651

erro 2	15	0.139298	0.009287
-----			
Total corrigido	39	0.273911	
-----			
CV 1 (%) =	5.50		
CV 2 (%) =	6.68		
Média geral:	1.4415798	Número de observações:	40
-----			

Variável analisada: Fv/Fm (5h)

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.001237	0.000412	0.986	0.4322
SILICATO	4	0.000688	0.000172	0.411	0.7973
erro 1	12	0.005020	0.000418		
GESSO	1	0.000014	0.000014	0.022	0.8853
GESSO*SILICATO	4	0.000763	0.000191	0.301	0.8725
erro 2	15	0.009495	0.000633		
-----					
Total corrigido	39	0.017217			
-----					
CV 1 (%) =	2.44				
CV 2 (%) =	3.00				
Média geral:	0.8375378	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: Fv/Fm (12h)

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.010139	0.003380	1.105	0.3850
SILICATO	4	0.019681	0.004920	1.609	0.2353
erro 1	12	0.036690	0.003057		
GESSO	1	0.000162	0.000162	0.048	0.8294
GESSO*SILICATO	4	0.009268	0.002317	0.690	0.6104
erro 2	15	0.050404	0.003360		
-----					
Total corrigido	39	0.126343			
-----					
CV 1 (%) =	7.18				
CV 2 (%) =	7.52				
Média geral:	0.7705462	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: PSII

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.124336	0.041445	1.769	0.2065
SILICATO	4	0.011246	0.002811	0.120	0.9727
erro 1	12	0.281203	0.023434		
GESSO	1	0.037363	0.037363	2.559	0.1305
GESSO*SILICATO	4	0.088515	0.022129	1.515	0.2477
erro 2	15	0.219030	0.014602		
Total corrigido	39	0.761693			
CV 1 (%) =	24.71				
CV 2 (%) =	19.51				
Média geral:	0.6194616	Número de observações:		40	

Variável analisada: Fotossíntese

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1.370305	0.456768	1.185	0.3568
SILICATO	4	1.416847	0.354212	0.919	0.4846
erro 1	12	4.627382	0.385615		
GESSO	1	0.002558	0.002558	0.010	0.9234
GESSO*SILICATO	4	1.135527	0.283882	1.062	0.4091
erro 2	15	4.009386	0.267292		
Total corrigido	39	12.562004			
CV 1 (%) =	21.79				
CV 2 (%) =	18.14				
Média geral:	2.8501666	Número de observações:		40	

Variável analisada: Transpiração

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.092837	0.030946	0.717	0.5606

SILICATO	4	0.194560	0.048640	1.127	0.3893
erro 1	12	0.517870	0.043156		
GESSO	1	0.031719	0.031719	0.832	0.3760
GESSO*SILICATO	4	0.151224	0.037806	0.992	0.4418
erro 2	15	0.571649	0.038110		
-----					
Total corrigido	39	1.559859			
-----					
CV 1 (%) =	19.71				
CV 2 (%) =	18.53				
Média geral:	1.0538043	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: Concentração interna de CO2

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	6.843611	2.281204	0.364	0.7802
SILICATO	4	9.653782	2.413446	0.385	0.8152
erro 1	12	75.203935	6.266995		
GESSO	1	12.601762	12.601762	3.723	0.0728
GESSO*SILICATO	4	13.830705	3.457676	1.022	0.4278
erro 2	15	50.772803	3.384854		
-----					
Total corrigido	39	168.906598			
-----					
CV 1 (%) =	23.90				
CV 2 (%) =	17.56				
Média geral:	10.4766447	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: Condutância estomática

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.008618	0.002873	0.922	0.4595
SILICATO	4	0.009668	0.002417	0.776	0.5615
erro 1	12	0.037370	0.003114		
GESSO	1	0.000215	0.000215	0.104	0.7519
GESSO*SILICATO	4	0.004408	0.001102	0.532	0.7141
erro 2	15	0.031060	0.002071		
-----					
Total corrigido	39	0.091339			
-----					
CV 1 (%) =	24.19				
CV 2 (%) =	19.73				
Média geral:	0.2306871	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: Eficiência do uso da água A/E

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	1.832504	0.610835	6.262	0.0084
SILICATO	4	0.086075	0.021519	0.221	0.9218
erro 1	12	1.170561	0.097547		
GESSO	1	0.457501	0.457501	8.904	0.0093
GESSO*SILICATO	4	0.102426	0.025606	0.498	0.7374
erro 2	15	0.770688	0.051379		
Total corrigido	39	4.419755			
CV 1 (%) =	11.47				
CV 2 (%) =	8.32				
Média geral:	2.7228214	Número de observações:		40	

Variável analisada: Eficiência instantânea de carboxilação A/CI

Opção de transformação: Raiz quadrada - SQRT ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.016943	0.005648	0.713	0.5626
SILICATO	4	0.034353	0.008588	1.085	0.4070
erro 1	12	0.095003	0.007917		
GESSO	1	0.010723	0.010723	3.363	0.0866
GESSO*SILICATO	4	0.046835	0.011709	3.673	0.0281
erro 2	15	0.047822	0.003188		
Total corrigido	39	0.251678			
CV 1 (%) =	31.18				
CV 2 (%) =	19.78				
Média geral:	0.2854086	Número de observações:		40	

Variável analisada: BRIX

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
----	----	----	----	----	-------

BL	3	0.258750	0.086250	0.604	0.6246
SILICATO	4	1.181500	0.295375	2.070	0.1481
erro 1	12	1.712500	0.142708		
GESSO	1	0.110250	0.110250	0.389	0.5422
GESSO*SILICATO	4	0.783500	0.195875	0.691	0.6094
erro 2	15	4.251250	0.283417		
-----					
Total corrigido	39	8.297750			
-----					
CV 1 (%) =	1.63				
CV 2 (%) =	2.30				
Média geral:	23.1575000	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: POL

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.327420	0.109140	0.970	0.4386
SILICATO	4	0.688235	0.172059	1.530	0.2554
erro 1	12	1.349605	0.112467		
GESSO	1	0.006760	0.006760	0.034	0.8552
GESSO*SILICATO	4	0.379015	0.094754	0.483	0.7480
erro 2	15	2.942325	0.196155		
-----					
Total corrigido	39	5.693360			
-----					
CV 1 (%) =	1.73				
CV 2 (%) =	2.28				
Média geral:	19.4410000	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: PUREZA

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	2.008210	0.669403	0.810	0.5126
SILICATO	4	2.468325	0.617081	0.746	0.5789
erro 1	12	9.922415	0.826868		
GESSO	1	0.696960	0.696960	0.561	0.4653
GESSO*SILICATO	4	2.746015	0.686504	0.553	0.7000
erro 2	15	18.622825	1.241522		
-----					
Total corrigido	39	36.464750			
-----					
CV 1 (%) =	1.08				
CV 2 (%) =	1.33				
Média geral:	83.9575000	Número de observações:	40		
-----					

Variável analisada: FIBRA

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.201080	0.067027	2.212	0.1394
SILICATO	4	0.111315	0.027829	0.918	0.4847
erro 1	12	0.363645	0.030304		
GESSO	1	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000	0.000	0.9975
GESSO*SILICATO	4	0.098825	0.024706	0.536	0.7115
erro 2	15	0.691375	0.046092		
Total corrigido	39	1.466240			
CV 1 (%) =	1.13				
CV 2 (%) =	1.39				
Média geral:	15.4070000	Número de observações:		40	

Variável analisada: PC

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.282350	0.094117	1.287	0.3233
SILICATO	4	0.537415	0.134354	1.838	0.1865
erro 1	12	0.877225	0.073102		
GESSO	1	0.004410	0.004410	0.037	0.8510
GESSO*SILICATO	4	0.248465	0.062116	0.515	0.7261
erro 2	15	1.810325	0.120688		
Total corrigido	39	3.760190			
CV 1 (%) =	1.74				
CV 2 (%) =	2.24				
Média geral:	15.5045000	Número de observações:		40	

Variável analisada: ATR

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	23.002788	7.667596	1.261	0.3317
SILICATO	4	47.895710	11.973928	1.969	0.1636
erro 1	12	72.978350	6.081529		
GESSO	1	0.588063	0.588063	0.057	0.8144
GESSO*SILICATO	4	22.813400	5.703350	0.553	0.6997
erro 2	15	154.607788	10.307186		
Total corrigido	39	321.886098			
CV 1 (%) =	1.62				
CV 2 (%) =	2.11				
Média geral:	151.8797500	Número de observações:	40		

Variável analisada: Rendimento de colmos (TCH)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	440.100000	146.700000	6.886	0.0060
SILICATO	4	392.150000	98.037500	4.602	0.0175
erro 1	12	255.650000	21.304167		
GESSO	1	52.900000	52.900000	2.462	0.1375
GESSO*SILICATO	4	234.850000	58.712500	2.733	0.0686
erro 2	15	322.250000	21.483333		
Total corrigido	39	1697.900000			
CV 1 (%) =	6.74				
CV 2 (%) =	6.77				
Média geral:	68.4500000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Rendimento de Pol (TPH)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	10.270000	3.423333	5.557	0.0126
SILICATO	4	11.711500	2.927875	4.753	0.0157
erro 1	12	7.392500	0.616042		
GESSO	1	1.089000	1.089000	1.502	0.2393
GESSO*SILICATO	4	7.343500	1.835875	2.532	0.0840
erro 2	15	10.877500	0.725167		
Total corrigido	39	48.684000			
CV 1 (%) =	7.39				
CV 2 (%) =	8.02				



Média geral: 10.6200000 Número de observações: 40

Variável analisada: Fósforo no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.435000	0.145000	0.111	0.9519
SILICATO	4	6.697500	1.674375	1.284	0.3298
erro 1	12	15.642500	1.303542		
GESSO	1	2.704000	2.704000	2.207	0.1581
GESSO*SILICATO	4	4.298500	1.074625	0.877	0.5006
erro 2	15	18.377500	1.225167		
Total corrigido	39	48.155000			
CV 1 (%) =	48.07				
CV 2 (%) =	46.61				
Média geral:	2.3750000				
			Número de observações:	40	

Variável analisada: Enxofre no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	687.475000	229.158333	3.608	0.0458
SILICATO	4	196.850000	49.212500	0.775	0.5623
erro 1	12	762.150000	63.512500		
GESSO	1	1890.625000	1890.625000	17.868	0.0007
GESSO* SILICATO	4	235.750000	58.937500	0.557	0.6972
erro 2	15	1587.125000	105.808333		
Total corrigido	39	5359.975000			
CV 1 (%) =	40.92				
CV 2 (%) =	52.82				
Média geral:	19.4750000				
			Número de observações:	40	

Variável analisada: Potássio no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.000048	0.000016	0.147	0.9295
SILICATO	4	0.000710	0.000178	1.651	0.2254
erro 1	12	0.001290	0.000108		
GESSO	1	0.000203	0.000203	1.855	0.1933
GESSO*SILICATO	4	0.000210	0.000053	0.481	0.7494
erro 2	15	0.001638	0.000109		
Total corrigido	39	0.004098			
CV 1 (%) =	34.85				
CV 2 (%) =	35.12				
Média geral:	0.0297500	Número de observações:	40		
Variável analisada: Cálcio no solo (20-40)					
Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )					

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.072750	0.024250	0.430	0.7349
SILICATO	4	0.616000	0.154000	2.734	0.0792
erro 1	12	0.676000	0.056333		
GESSO	1	0.552250	0.552250	11.688	0.0038
GESSO*SILICATO	4	0.214000	0.053500	1.132	0.3786
erro 2	15	0.708750	0.047250		
Total corrigido	39	2.839750			
CV 1 (%) =	32.62				
CV 2 (%) =	29.88				
Média geral:	0.7275000	Número de observações:	40		

Variável analisada: Magnésio no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.008750	0.002917	0.151	0.9274
SILICATO	4	0.067500	0.016875	0.871	0.5092
erro 1	12	0.232500	0.019375		
GESSO	1	0.002250	0.002250	0.143	0.7108
GESSO* SILICATO	4	0.086500	0.021625	1.373	0.2900
erro 2	15	0.236250	0.015750		
Total corrigido	39	0.633750			

CV 1 (%) = 38.40  
 CV 2 (%) = 34.62  
 Média geral: 0.3625000 Número de observações: 40

Variável analisada: Alumínio no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.002000	0.000667	0.007	0.9993
SILICATO	4	0.138500	0.034625	0.386	0.8144
erro 1	12	1.075500	0.089625		
CESSO	1	0.100000	0.100000	1.583	0.2275
CESSO*SILICATO	4	0.432500	0.108125	1.712	0.1997
erro 2	15	0.947500	0.063167		
Total corrigido	39	2.696000			
CV 1 (%) =	26.26				
CV 2 (%) =	22.05				
Média geral:	1.1400000				40

Variável analisada: Silício no solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.878750	0.292917	0.973	0.4375
SILICATO	4	1.633500	0.408375	1.357	0.3058
erro 1	12	3.612500	0.301042		
CESSO	1	0.006250	0.006250	0.021	0.8863
CESSO*SILICATO	4	0.837500	0.209375	0.709	0.5984
erro 2	15	4.431250	0.295417		
Total corrigido	39	11.399750			
CV 1 (%) =	19.27				
CV 2 (%) =	19.09				
Média geral:	2.8475000				40

Variável analisada: pH do solo (20-40)

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BL	3	0.146000	0.048667	0.360	0.7829
SILICATO	4	0.246500	0.061625	0.456	0.7665
erro 1	12	1.621500	0.135125		
CESSO	1	0.289000	0.289000	3.016	0.1030
CESSO*SILICATO	4	0.383500	0.095875	1.000	0.4378
erro 2	15	1.437500	0.095833		
Total corrigido	39	4.124000			
CV 1 (%) =	7.85				
CV 2 (%) =	6.61				
Média geral:	4.6800000		Número de observações:	40	