



**UENP – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ -
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

THIAGO HENRIQUE ARRUDA VIECELI

**GESSAGEM E CALAGEM EM LATOSSOLO VERMELHO Distroférico COM
ELEVADA SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO, CULTIVADO COM CANA-DE
AÇÚCAR.**

BANDEIRANTES – PR

2018

THIAGO HENRIQUE ARRUDA VIECELI

Dissertação apresentada para o Programa de
Mestrado em Agronomia (Área de
Concentração: Produção Agropecuária
Sustentável), Centro de Ciências Agrárias,
Campus Luiz Meneghel - Bandeirantes – PR.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Conte

BANDEIRANTES – PR

2018

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central do Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

Vieceli, Thiago Henrique Arruda

V715g Gessagem e calagem em latossolo vermelho distroférrico com elevada saturação por alumínio, cultivo com cana-de-açúcar / Thiago Arruda Vieceli. – Bandeirantes, 2018.
61 f. ilustr.

Orientador: Prof. Dr^a. Ana Maria Conte.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, 2018.

Banca: Dr^a. Ana Maria Conte, Dr. Francisco Mainardes da Silva, Dr. Fábio Augusto Manetti, Dr. Luis Guilherme Sachs, Dr. Claudinei de Lima.

1. Gesso agrícola. 2. Calcário. 3. Solo alumínico. 4. *Saccharum officinarum*. I. Universidade Estadual do Norte do Paraná. III. Título.

CDD – 631.821

THIAGO HENRIQUE ARRUDA VIECELI

GESSAGEM E CALAGEM EM LATOSSOLO VERMELHO Distroférico COM
ELEVADO TEOR DE ALUMÍNIO, CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz
Meneghel.

Aprovado em: 26/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. ^a . Dr. ^a . Ana Maria Conte (Titular)	UENP
Prof. Dr. Francisco Mainardes da Silva (Titular)	UENP
Prof. Dr. Fábio Augusto Manetti (Titular)	FIO
Prof. Dr. Luis Guilherme Sachs (Suplente)	UENP
Prof. Dr. Claudinei de Lima (Suplente)	FIO



Prof.^a. Dr.^a. Ana Maria Conte

Orientadora

Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel.

DEDICATÓRIA

À minha filha Cecília, linda, perfeita, um verdadeiro presente de Deus! Que me fez descobrir um novo tipo de amor, que pode-se dizer: Incondicional...

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade e possibilidade de concluir esse mestrado.

À minha esposa, que sempre foi minha auxiliadora em todos os momentos.

À minha família que sempre me apoiou e incentivou nos meus estudos.

À minha avó Celina que dedicou parte da sua vida na minha criação e educação.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Ana Maria Conte, que durante todo o mestrado me apoiou, incentivou e ensinou... Que a nossa amizade continue!

À CAPES pelo apoio financeiro.

Aos membros da banca examinadora Professor Dr. Francisco Mainardes da Silva e Professor Dr. Fábio Manetti, por aceitar o convite em me ajudar, pelas avaliações e sugestões para melhoria do trabalho.

Ao professor Dr. Eduardo Rando “*in memoriam*”, que participou ativamente na montagem de todo o projeto.

Ao professor Dr. Silvestre Bellettini pelo auxílio nas determinações do artigo.

Ao pessoal do Laboratório de Análises de Solos, “Gil e a galera do estágio”.

À secretaria do mestrado, especial à “Soninha” que sempre me ajudou.

Ao doutorando Thiago Zorzenoni, que junto comigo trabalhou na mesma área, dividindo experiências, esforços e sacrifícios com o mesmo objetivo.

À todos que direta ou indiretamente me ajudaram na conclusão desse projeto.

RESUMO

A gessagem juntamente com a calagem vem sendo manejos de grande importância no preparo de solo aplicados à diversas culturas, fazendo a correção dos teores elevados de alumínio, e alteração do pH respectivamente, além de fornecer cálcio, magnésio e enxofre às culturas, contribuindo assim para a melhoria do ambiente solo, e como consequência favorecendo o desenvolvimento radicular e, possibilitando assim uma adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os parâmetros fitométricos, de qualidade tecnológica e do solo e a produtividade da cana-de-açúcar onde se aplicou doses de gesso agrícola e calcário em solo com alto teor de alumínio. O estudo foi realizado na Fazenda Porto no município de Andirá/PR em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, e foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB 85-5453. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições, sendo T1= (Testemunha: 0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T2= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 2 Mg ha⁻¹ de gesso), T3= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso), T4= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 8 Mg ha⁻¹ de gesso), T5= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T6= (6 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T7= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso). As parcelas foram constituídas por 8 linhas de cana com espaçamento de 1,5 m por 10,0 m de comprimento, formando uma área de 120 metros quadrados. A área útil constou de 4 linha centrais de cana, desprezando-se no início 0,50 m e no final 1,50 m de cada linha dentro da parcela, totalizando uma área útil de 48 m². Foram avaliados os parâmetros das plantas e do solo: número de perfilhos, diâmetro do colmo, altura do colmo, produtividade, de qualidade tecnológica: Brix (%), Pol (%), ATR, AR, Pureza (%), Fibras (%), pH, saturação de bases (V%), saturação por alumínio (m%), teores de K, S. Os resultados permitiram concluir que a calagem e gessagem não alteraram o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo experimental, bem como os parâmetros de qualidade tecnológicos e a sua produtividade, nas condições experimentais. E quanto a qualidade química do solo houve aumento nos fatores pH, V%, e teor de S, com consequente redução da saturação por alumínio.

Palavras-chave: gesso agrícola, calcário, solo aluminico, *Saccharum officinarum*

ABSTRACT

The plastering along with a liming process has been of great importance without preparation of soil applied to different cultures, making a correction of the high aluminum thoughts, and pH alteration respectively, besides calcium, magnesium and sulfur to the cultures, thus contributing to the environment soil, and as a consequence favoring root development, thus enabling an availability of resources for plants. The objective of this work was to evaluate the parameters, the technological quality and the soil and the productivity of the sugarcane, where agricultural gypsum and limestone doses were applied to soil with high aluminum content. The study was carried out at Fazenda Porto in the municipality of Andira / PR in Oxisol Dystroferic, and was used in the variety of sugarcane RB 85-5453. The study was evaluated in 4 treatments and 4 replicates, with T1 = (Witness: 0 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T2 = (0 Mg ha⁻¹ limestone + 2 Mg ha⁻¹ of gypsum), T3 = (0 Mg ha⁻¹ limestone + 4 Mg ha⁻¹ gypsum), T4 = (0 Mg ha⁻¹ limestone + 8 Mg ha⁻¹ gypsum), T5 = (3 Mg ha⁻¹ of limestone + 0 Mg ha⁻¹ of gypsum), T6 = (6 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T7 = (3 Mg ha⁻¹ limestone + 4 Mg ha⁻¹ of gypsum). As parcels were constituted by 8 lines of cane with spacing of 1.5 m by 10.0 m in length, forming an area of 120 square meters. A useful area consisted of 4 cane lines, discounting 2 meters between parcels, totaling a useful area of 60 square meters. There are two groups: average number of profiles, colometer weight, stem height, productivity and technological quality: Brix (%), Pol (%), ATR, AR, Purity (%), Fibers, pH, saturation of bases (V%), saturation by aluminum (m%), contents of K, S. The results allowed to conclude that the liming and gassing did not alter the development of the plants along the experimental cycle, as well as the Pare of technological quality and its production under the experimental conditions. As for the chemical quality of the soil, there was an increase in the pH, V%, and S content, with consequent reduction of aluminum saturation.

Key-words: gypsum, limestone, aluminum soil, *Saccharum officinarum*

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO A:

FIGURA 1. Extrato mensal do balanço hídrico e de temperatura, durante o ciclo de 1 ano	15
FIGURA 2. Croqui da área experimental	17
FIGURA 3. Aspecto geral dos estragos causados por granizo em uma área próxima à área do projeto	18
FIGURA 4. Aspecto das plantas de cana com sintomas de carvão (<i>Ustilago scitaminea</i>).	19
FIGURA 5. Aspecto das plantas com sintomas de podridão de <i>fusarium</i> (<i>Fusarium moniliforme</i>).	20
FIGURA 6. Cana picada acomodada nos “big bags”	21
FIGURA 7. Pesagem com balança suspensa	21

ARTIGO B:

FIGURA 1. Extrato mensal do balanço hídrico e de temperatura, durante o ciclo de 1 ano	31
FIGURA 2. Croqui da área experimental	33
FIGURA 3 A e B. Aspecto geral dos estragos causados por granizo em uma área próxima à área do projeto	35
FIGURA 4. Aspecto das plantas de cana com sintomas de carvão (<i>Ustilago scitaminea</i>).	36
FIGURA 5. Aspecto das plantas com sintomas de podridão de <i>fusarium</i> (<i>Fusarium moniliforme</i>)	37
FIGURA 6. Aspecto geral da máquina abrindo as trincheiras na área experimental	38
FIGURA 7. Aspecto geral das trincheiras sendo abertas nas parcelas	38
FIGURA 8. Aspecto geral mostrando perfil da trincheira	39

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A:

TABELA 1. Características químicas do solo da área experimental antes da correção e adubação	16
TABELA 2. Descrição dos tratamentos utilizados na área experimental	17
TABELA 3. Altura do colmo (m), diâmetro do colmo (mm), e número perfilhos em função da gessagem e calagem ao longo do ciclo de 360 dias após o corte	22
TABELA 4. Resultados com os parâmetros de qualidades tecnológicas	23
TABELA 5. Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar	24
TABELA 6. Resultados obtidos com a produtividade (Mg ha^{-1})	25

ARTIGO B:

TABELA 1. Características químicas do solo da área experimental antes da correção e adubação	32
TABELA 2. Densidade média do solo na área experimental	32
TABELA 3. Descrição dos tratamentos utilizados na área experimental	33
TABELA 4. Valores de pH com prática da gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades	40
TABELA 5. Saturação de alumínio (m%), com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades	42
TABELA 6. Saturação por bases (V%) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades	43
TABELA 7. Valores de potássio (K) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades	45
TABELA 8. Valores de enxofre (S) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades	46
TABELA 9. Análise química do gesso agrícola.	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR.....	2
2.2 GESSO AGRÍCOLA.....	4
2.3 CALCÁRIO AGRÍCOLA	7
2.4 GESSO AGRÍCOLA E A CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR	7
 3 ARTIGO A: GESSAGEM E CALAGEM DETERMINANDO PARÂMETROS FITOMÉTRICOS, QUALIDADE TECNOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DA CANA- DE-AÇÚCAR.	
3.1 INTRODUÇÃO.....	11
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.2.1 LOCAL EXPERIMENTAL	14
3.2.2 CULTURA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.2.3 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	18
3.2.4 PARÂMETROS AVALIADOS.....	20
3.2.4.1 PARÂMETROS FITOMÉTRICOS	20
3.2.4.2 PARÂMETROS DE PRODUÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL.....	21
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.4 CONCLUSÃO.....	25
 4 ARTIGO B: GESSAGEM E CALAGEM EM ALGUNS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico, CULTIVADO COM CANA-DE AÇÚCAR.	
4.1 INTRODUÇÃO.....	28
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.2.1 LOCAL EXPERIMENTAL.....	30
4.2.2 CULTURA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	32
4.2.3 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	34
4.2.4 PARÂMETROS AVALIADOS.....	37
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.4 CONCLUSÃO.....	48
5 REFERÊNCIAS	49
6 GLOSSÁRIO.....	60

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de grande importância econômica em razão de sua múltipla utilidade, podendo ser usada *in natura*, sob a forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de melado, rapadura, aguardente, açúcar e álcool (SILVA et al., 2007). Seus resíduos têm ampla utilidade: a vinhaça e a torta de filtro são transformados em fertirrigante e fertilizante organo-mineral respectivamente, e o bagaço em combustível para queima nas caldeiras. A vinhaça é o principal subproduto da produção de etanol e é fonte de matéria orgânica e nutrientes, principalmente potássio (RESENDE et al., 2006). Sua palha e o bagaço são transformados em pellets e utilizado como carvão ecológico, sendo uma fonte de energia renovável da categoria das Biomassas (ABIB, 2018).

Com área estimada de 8,84 milhões de hectares plantados em 2017 (CONAB, 2017). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com aproximadamente 40% da produção mundial com perspectiva para elevar a produção para 647,6 milhões de toneladas para a safra 2017/18 (CONAB, 2017). No país a cana é plantada no Norte-Nordeste e no Centro-Sul, permitindo dois períodos de safra (UNICA, 2015). A última expansão da cultura no Brasil foi de 3,16 milhões de hectares, representando um aumento de 54% (CONAB, 2015).

A cultura adapta-se a diversos tipos de solo, inclusive aqueles com características mais hostis para as plantas, como a toxicidade por alumínio (RHEIN et al., 2011; CARLIN et al., 2012), porém com reduzida produção. Um dos fatores ligados ao solo, que pode reduzir a produção de cana-de-açúcar são solos ácidos e com elevado teor de alumínio, que impedem o crescimento radicular em profundidade no solo, ocasionando menor absorção de água e nutrientes disponíveis no solo (SOUSA et al., 2005).

A acidez e alta saturação por alumínio dos solos são importantes fatores capaz de reduzir o potencial produtivo dos solos, principalmente os solos tropicais Sousa; Lobato (2004). Em solos de pH levemente ácido ou neutro, o alumínio (Al) está, essencialmente, na forma de óxidos ou aluminos-silicatos. Entretanto, quando os solos se tornam mais ácidos (pH < 6,0), formas fitotóxicas de Al, principalmente Al^{3+} , são liberadas na solução do solo em concentrações que podem afetar o crescimento da planta (KOCHIAN, 1995).

A aplicação de gesso agrícola é uma opção para neutralizar o alumínio no solo e fornecer cálcio em profundidade, favorecendo o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar (MARQUES et al., 2008). Por isso o gesso agrícola ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) vem sendo utilizado

como corretor da toxidez por alumínio em profundidade no solo e fornecedor de nutrientes pois apresenta maior mobilidade no solo (SOUSA; REIN, 2009; SERAFIM et al., 2012; LEE; MUDGE, 2013; RAMPIM et al., 2013).

O gesso agrícola ou sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro que é obtido em jazidas de gipsita, presentes no Brasil nos estados de Pernambuco e Maranhão (OLIVEIRA et al., 2012). Pode ainda ser obtido como um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, como em Catalão-GO, Cubatão-SP e Uberaba-MG (EMBRAPA, 2013).

Na produção de ácido fosfórico as indústrias de fertilizantes utilizam a rocha fosfática (apatita), que ao reagir com ácido sulfúrico + água, produz como subproduto da reação o sulfato de cálcio e ácido fluorídrico. A composição química média do gesso agrícola obtida é: S (17,7%), CaO (30,9%), F (0,2%) e P_2O_5 (0,7%) (DIAS, 1992).

Podendo ser aplicado na superfície, o gesso agrícola tem uma boa mobilidade pelo perfil do solo, devido a sua alta solubilidade, melhorando assim as camadas do subsolo, vindo a favorecer o desenvolvimento das raízes, tornando as plantas mais tolerantes aos déficits hídricos (CAIRES et al., 1998).

Outra opção para correção superficial seria a aplicação de calcário, que trata-se de uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos, na qual basicamente sua composição é CaCO_3 para o calcítico, e $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ para o dolomítico (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008).

Sendo a calagem a primeira prática que se deve utilizar na implantação e na manutenção da lavoura de cana-de-açúcar, sua recomendação baseia-se no valor da saturação por bases, sendo calculado conforme descrito por Marques et al. (2008).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da calagem e gessagem no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, na qualidade tecnológica e na sua produtividade, bem como em alguns atributos químicos do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar, possui a classificação botânica, na qual pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Cyperales, família Poaceae, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum* spp (BEAUCLAIR, 2016).

As espécies cultivadas atualmente têm a sua provável origem na Oceania (Nova Guiné) e Ásia (Índia e China) (UDOP, 2018), sendo sua composição química formada por fibras (8 - 14%) e caldo (86 -92%); composição química média, em %, da cana-de-açúcar madura: Água 74,5; Cinzas 0,5; Fibra 10; Açúcares 14; Corpos Nitrogenados 0,4; Graxa e Cera 0,2; Pectinas, gomas e mucilagem 0,2; Ácidos livres 0,08; Ácidos combinados 0,12. GTCA (2016).

No Brasil a primeira muda foi trazida oficialmente por Martim Affonso de Souza em 1532, onde se iniciou o cultivo na Capitania São Vicente, onde o próprio construiu o primeiro engenho de açúcar (UDOP, 2018).

A cultura da cana-de-açúcar é adaptada às diversas faixas de clima tropical e subtropical. Estando geograficamente se desenvolvendo entre as latitudes de 35° N, no sul dos Estados Unidos, à 35° S, no Norte da Argentina (PLANALSUCAR, 1986). Seu período de crescimento vegetativo varia bastante, estendendo entre 9 a 10 meses na Luisiana (EUA), até 2 anos ou mais no Peru, África do Sul e Havaí (PARANHOS, 1987).

De maneira geral, o crescimento da cana ocorre no período de umidade intensa e temperatura elevada. Nessa fase, não ocorre acúmulo expressivo de sacarose nos colmos, já na fase de maturidade a planta reduz significativamente seu crescimento vegetativo e passa a acumular sacarose nos seus colmos (WATT et al., 2014). Tendo influência direta no desenvolvimento da planta o clima deve apresentar uma estação quente e úmida para proporcionar um maior desenvolvimento fisiológico da planta, e outra estação fria e seca que vai promover a maturação natural (CAPUTO et al., 2008).

Para um ótimo desenvolvimento vegetativo as temperaturas devem estar entre 28 e 34 °C, já para ocorrer a maturação exige-se temperaturas abaixo de 21°C e déficit hídrico (ANDRADE, 2006).

O acúmulo de sacarose no colmo ocorre quando as folhas produzem mais açúcar do que a planta necessita. Esta produção e consumo são influenciados por diversos fatores entre eles climáticos. Quando os fatores limitam o crescimento da planta, armazena-se maior quantidade de sacarose fazendo-a entrar em maturação (CESAR; SILVA, 1993). Parando o crescimento, o teor de açúcar começa a elevar, nesse ponto, a planta requer solo seco e temperaturas amenas, de preferência em torno de 20°C. Com os solos úmidos, a cana não acumula açúcar (MAIA, 2006). A cana-de-açúcar é cultivada em diversas regiões onde as precipitações variam desde 1000 até 3000 mm anuais, recomenda-se irrigar em regiões com precipitações abaixo dos 1000 mm anuais (TRENTO FILHO, 2008).

Em regiões onde o clima não é estável na estação seca a cana produz menos teor de sacarose. O reinício das chuvas, com clima mais quente faz com que a planta retorne o crescimento e diminua a quantidade de açúcar (PLANALSUCAR, 1986). Segundo Trento Filho (2008), um dos fatores mais importantes na produção é a escolha da variedade, pois este é o único fator capaz de proporcionar aumentos na produtividade sem adição de custos.

No Brasil a cultura está concentrada 85% da produção nas regiões dos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio de Janeiro e Espírito Santo, (ORTOLAN et al., 2006), comprovando sua importância econômica (SILVA et al., 2007). Sendo o álcool seu produto mais importante por ser renovável devido a substituição dos derivados de petróleo.

Por isso é muito importante o investimento em novas pesquisas buscando aumento de produtividade e retorno econômico (ORTOLAN et al., 2006).

2.2 GESSO AGRÍCOLA

O nome pelo qual é conhecido e comercializado o sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) obtido na fabricação do ácido fosfórico, é o gesso agrícola, que é usado para produção de superfosfato triplo, monoamônio fosfato e diamônio fosfato. É muito usado na prática agrícola como fonte de cálcio e enxofre, como condicionador de subsuperfície e para correção de solos saturados com sódio ou potássio (NUTRION, 2016).

Segundo Curi (1993), o gesso é um material manufaturado a partir de gipsita moída e aquecida entre 190 e 200° C, até que cerca de 75% da água tenha sido eliminada, concordando com Alvarez; Venagas (1999), que diz que o gesso agrícola é basicamente a rocha fosfática (apatita, especialmente a fluorapatita) que ao ser atacada por ácido sulfúrico e água, produz como subprodutos da reação, o sulfato de cálcio e ácido fluorídrico, que também é conhecido como “fosfogesso”, além de apresentar em sua formulação cerca de 19% de cálcio e 15% de enxofre na forma de sulfato de cálcio (SOUSA; LOBATO, 2004).

Para Mattiello et al. (2008), o gesso agrícola é um condicionador de subsolo, que melhora as condições físico-químicas do mesmo, refletindo na retenção de umidade e sua finalidade, além de fornecer cálcio e enxofre, é a de promover (via ligação com sulfato) o caminhamento de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) em profundidade. Tem sido utilizado em solos ácidos

como um produto complementar ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do alumínio e aumentar a concentração de cálcio em profundidade (SILVA et al., 1998).

Tem-se demonstrado que o gesso pode reduzir a atividade do alumínio em solução (ALVA et al., 1986). Também, em consequência de seu uso, constataram-se, em análises do perfil do solo, a diminuição no $H + Al$ (FARINA; CHANNON, 1988), pois o cálcio dissociado do sulfato promove a movimentação do alumínio do complexo de troca (Al^{+3}) para a solução, formando o par iônico $AlSO_4^+$ não tóxico às culturas (RITCHEY et al., 1980; ERNANI et al., 2001; ZAMBROSI et al., 2007; SERAFIM et al., 2012; RAMPIM et al., 2013).

As formas de aplicação e distribuição do gesso estão diretamente relacionadas à forma deste insumo, além de fatores relacionados ao solo. Assim, este condicionador pode ser aplicado na superfície do solo e, em seguida incorporado utilizando-se de aração ou gradagem. Acrescente-se que o gesso também pode ser aplicado diretamente na água de irrigação através do método, por demais conhecido, denominado de fertirrigação (LEITE et al., 2007). Outras formas de aplicação, que têm sido bastante discutidas na atualidade, dizem respeito ao uso de corretivos líquidos, salientando que pouco se sabe acerca da correta forma de aplicação dos mesmos.

O gesso e o calcário possuem propriedades diferentes, sendo o primeiro um melhorador de subsolo e o calcário um corretivo de camada mais superficial possuindo os dois reações diferentes no solo. Segundo Dias (1992) e Pavan (1981), a reação do gesso se inicia quando for incorporado, sofrerá uma dissociação, dividindo-se em $Ca + SO_4$. Uma vez na solução do solo, o íon Ca pode reagir no complexo de troca catiônica do solo, deslocando principalmente Al , K e Mg para a solução que por sua vez, reagindo com o SO_4 , forma $AlSO_4$ que é menos tóxico para as plantas e os outros cátions ao reagirem com o SO_4 formam pares iônicos neutros que possuem grande mobilidade no solo. Já o calcário ($CaCO_3$), segundo Raij (1991), tem como dissociação $Ca + bicarbonato (HCO_3) + hidroxilas (OH^-)$, esta última por sua vez reage com o íon H^+ da solução do solo, formando água (H_2O) e o HCO_3 também reage com o H^+ da solução, formando água (H_2O) e gás carbono (CO_2), interferindo diretamente no pH do solo, deixando-o menos ácido. Com o calcário o alumínio é neutralizado quando ocorre sua precipitação na forma $Al(OH)_3$.

Então, como condicionador de subsolo, o gesso é usado em doses normalmente superiores a $1Mg\ ha^{-1}$, ou seja, as exigências de enxofre são excedidas. Como o sulfato tende a acumular abaixo da camada superficial, a gessagem pode oferecer enxofre para vários ciclos de cultura (RAIJ, 2008). Assim o uso de gesso pode ser uma estratégia para o emprego de fórmulas concentradas de fertilizantes, geralmente sem enxofre, e que permitem

reduzir os custos de transporte e aplicação de fertilizantes, favorecendo o crescimento das raízes na subsuperfície e proporcionando melhor aproveitamento da água no perfil do solo (SOUSA; LOBATO, 2004; RAMOS et al., 2013).

Por outro lado, o gesso pode provocar lixiviação de magnésio e de potássio das camadas mais superficiais do solo, expondo as plantas a eventuais deficiências (ALVA; GASCHO, 1991). Concordando com o trabalho de Farina; Channon (1988), que perceberam a lixiviação de cátions, neste caso, do cálcio e também um aumento de raízes no subsolo. Além disso, a movimentação do nutriente depende do conteúdo de água (FESCH et al., 1998; PADILLA et al., 1999) e da macroporosidade do solo (KIRKBY et al., 1997; JACOBSEN et al., 1997; JENSEN et al., 1998; SHIPTALO et al., 2000), entre outros fatores.

Para Dos Santos et al. (2002), o volume de água percolado tem sido relatado como o principal responsável pelas perdas de nutrientes. A lixiviação de nutrientes varia com os atributos físicos do solo, como textura, estrutura, profundidade do perfil e, principalmente, porosidade. Entre os atributos químicos que afetam a lixiviação, estão a capacidade de troca de cátions (CTC) e o pH. Solos com alta CTC apresentam maior capacidade de adsorção dos cátions, tornando-os menos suscetíveis à lixiviação. Com o aumento do pH, a CTC do solo se eleva e, consequentemente, os cátions disporão de maior número de cargas para adsorção.

Caires et al. (2004), recomenda a aplicação de calcário dolomítico para compensar as perdas de magnésio trocável, quando a dosagem de gesso for muito elevada no solo, evitando assim problemas na nutrição das plantas cultivadas após a gessagem.

Do ponto de vista comercial, o fosfogesso é produzido em maiores quantidades do que a gipsita, enquanto esta tem sua produção controlada pelo mercado, principalmente de gesso industrial e uma parcela menor como gesso agrícola, no caso do fosfogesso o que controla a quantidade produzida é a capacidade e a demanda das indústrias de fertilizantes (RAIJ, 2008).

Como o gesso é um produto muito onerado pelo transporte, isso tem inviabilizado seu uso em grandes distâncias do local de produção, o uso agrícola acaba ficando restrito a um raio de poucas centenas de quilômetros em torno das fabricas. As principais indústrias que produzem fosfogesso estão em Cubatão (SP), Uberaba (MG), e Catalão (GO), e as principais minerações de gipsita estão localizadas no oeste do estado de Pernambuco (RAIJ, 2008).

2.3 CALCÁRIO AGRÍCOLA

Conceituado como rocha sedimentar, composta predominantemente por carbonato de cálcio, pode em razão da estrutura/e ou presença de outro composto, receber variadas denominações (DNPM, 2013).

O calcário promove o desenvolvimento das raízes, pois eleva o pH, neutraliza o Al^{3+} , fornece cálcio e magnésio, tornando assim as plantas mais resistentes a períodos de estiagem (ROSSETTO et al., 2004). Segundo Quaggio (2000), o calcário quando misturado ao solo úmido, reage e ocorre dissolução do carbonato de cálcio, reagindo com os colóides do solo, elevando pH, teores de Ca, Mg e a saturação por bases, e diminuindo o Al e o Mn trocáveis no solo.

A calagem deve ser a primeira prática que se deve utilizar na implantação e na manutenção da lavoura de cana-de-açúcar. Sua recomendação baseia-se no valor da saturação por bases, sendo calculado conforme descrito por Marques et al. (2008).

Sua ação depende do contato com o solo, então, quão maior sua granulometria, maior será seu efeito residual. Sendo assim, quanto menor for sua partícula, mais rápida será sua ação, porém com efeito residual menor (NATALE et al., 2007).

De acordo com Raij et al. (1997), para se obter um máximo benefício do calcário é necessário uma aplicação antecipada, distribuição uniforme e incorporação profunda, pois a reação do calcário fica restrita a uma pequena distância do local de aplicação. Quando a incorporação é feita em uma profundidade menor que 20 cm, pode ocorrer excesso de calagem, onde se reflete em desordens no equilíbrio dos diversos nutrientes, alterando expressivamente a produção das plantas de cana-de-açúcar gerando danos econômicos (STAUT, 2006).

Assim sendo, recomenda-se aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60%, porém, não aplicando menos que 1 t ha^{-1} e mais que 5 t ha^{-1} do corretivo com poder relativo de neutralização total (PRNT= 100). Se o teor de Mg^{+2} trocável no solo for inferior a 5 cmolc dm^{-3} , deve-se aplicar pelo menos 1 t ha^{-1} de calcário dolomítico (RAIJ et al., 1997).

2.4 GESSO AGRÍCOLA E A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma cultura que tolera o alumínio, porém existem relatos que o sistema radicular se desenvolve melhor em solos corrigidos, como diz Rocha et al. (2008),

no qual verificaram aumentos na percentagem de raízes em subsuperfície, principalmente nos tratamentos onde se aplicou calcário e a associação calcário e gesso.

O gesso agrícola é amplamente utilizado como fonte de enxofre (S) para diversas culturas, dentre elas a cana-de-açúcar (BLUM et al., 2013). Estão sendo feitas atualmente várias pesquisas para fornecimento de enxofre (S) para a cana, pois pode ocorrer deficiência na cultura devido ao cultivo contínuo, e queimadas que ocasionam volatilização do mesmo (FERRAZ, 2015). A aplicação do gesso na cana-de-açúcar, visando à recuperação química do solo em profundidade, deve ser realizada preferencialmente após a calagem, ou pelo menos junto a ela, podendo ser direcionada tanto para a cana planta como nas soqueiras, dependendo do planejamento e da condução da lavoura (DIAS; ROSSETO, 2006).

Bons resultados foram relatados com o uso do gesso em cana-de-açúcar por fornecer cálcio e enxofre, e ao efeito condicionador de subsuperfície. Após aplicação de 4 Mg ha⁻¹ de gesso, observou-se um aumento na produtividade de colmos em torno de 15%, além de permitir maior duração de vida da soqueira (LORENZETTI et al., 1992).

Rocha et al. (2008), que verificaram que 80% do sistema radicular foi distribuído na camada de 40-80 cm com a aplicação de 4,62 Mg ha⁻¹ de gesso, enquanto sem a aplicação de gesso apenas 30% do sistema radicular atingiu esta profundidade, concordando com Vitti et al. (1992), que encontraram melhor distribuição do sistema radicular de cana-de-açúcar após aplicação de gesso.

Ferraz et al. (2015) afirmaram que a aplicação de gesso agrícola consiste em técnica importante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos contribuindo de forma expressiva para o crescimento e desenvolvimento pleno da cana-de-açúcar, pois elevam Ca²⁺ e Mg²⁺ em profundidade, aumentando assim a disponibilidade de nutrientes à cultura da cana-de-açúcar, concordando com Araújo (2015), que na utilização de gesso, verificou elevação nos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e SO₄²⁻ e redução na saturação por alumínio nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, de um Latossolo Vermelho após a terceira soca em resposta as doses de gesso aplicado no plantio da cana (50 meses após aplicação). Além disso, o gesso também propiciou maior acúmulo de matéria orgânica e maiores valores da capacidade de troca catiônica na camada de 40-100 cm, observando que o uso do gesso proporcionou aumento na produtividade de colmos, de açúcares redutores totais (ART), biomassa de colmos e palha da cana planta e nas três socas.

Comparando calcário e gesso, Medina et al. (2000), observaram que a aplicação conjunta de calcário e gesso promoveram uma quantidade maior de raízes nas camadas 0,50-0,75 e 0,75-1,00 m, em comparação com a aplicação de somente calcário.

Segundo Morelli et al. (1992) que avaliaram o efeito da aplicação incorporada de gesso e calcário no plantio da variedade SP70-1143, em um Latossolo Vermelho álico de textura arenosa, verificou durante 4 cortes que a melhor combinação foi 4 Mg ha⁻¹ de calcário com 2 Mg ha⁻¹ de gesso, promovendo um acréscimo na produtividade de 18 Mg ha⁻¹.

Embora é do conhecimento técnico que a aplicação de gesso e calcário causam uma melhoria no ambiente radicular, não se pode afirmar que isso aumentará a produtividade, pois os resultados encontrado por Carvalho et al. (2013) não observaram aumentos de produtividade com a aplicação de gesso somente, na primeira soqueira da variedade RB 867515 em colheita mecanizada em Latossolo Vermelho amarelo de textura arenosa.

Assim também, Medina et al. (2000) não observaram diferenças estatísticas entre as doses de calcário e gesso aplicados na terceira soqueira da cultivar IAC 58-480, em um Nitossolo distrófico.

O uso de gesso, segundo Carvalho et al. (2013), incrementou os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ e V%, bem como reduziu os teores de Al³⁺, nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, e aumentou o teor de SO₄²⁻, na camada de 0,40-0,60 m, aos 180 e 360 dias, respectivamente. Ainda segundo esses autores a gessagem não resultaram em aumento na produtividade de colmos, ou melhoria da qualidade tecnológica.

Para as variáveis tecnológicas na produção de cana-de-açúcar Rocha (2007), observou efeitos significativos para a aplicação das doses de gesso mineral, porém apenas para PC, ATR e POL na variedade SP 79-4764 esse mesmo autor constatou que os açúcares redutores totais recuperáveis, açúcares polarizáveis, Pol % de cana aumentaram em função das doses de gesso aplicadas. Para justificar estes resultados, notadamente o ponto de inflexão a partir da dose que promoveu maiores valores nos atributos avaliados, Rocha (2007), também mencionou que doses elevadas de gesso passam a ser nocivas à produção de açúcar, por causa dos possíveis desequilíbrios de bases provocado pela descida do cálcio, conforme também, relatos de outros autores, tais como trabalhos de Caires et al. (2004) e Mupangwa; Tagwira (2005).

3 ARTIGO A: GESSAGEM E CALAGEM DETERMINANDO PARÂMETROS FITOMÉTRICOS, QUALIDADE TECNOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR.

RESUMO

A gessagem juntamente com a calagem vem sendo manejos de extrema importância no preparo de solo aplicados à diversas culturas, fazendo a correção dos teores elevados de alumínio e pH, respectivamente. Possibilitam assim uma adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os parâmetros fitométricos, de qualidade tecnológica e a produtividade da cana-de-açúcar onde se aplicou doses de gesso agrícola e calcário em solo com alto teor de alumínio. O estudo foi realizado na Fazenda Porto no município de Andirá/PR em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, e foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB 85-5453. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições, sendo T1= (Testemunha: 0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T2= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 2 Mg ha⁻¹ de gesso), T3= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso), T4= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 8 Mg ha⁻¹ de gesso), T5= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T6= (6 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T7= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso). As parcelas foram constituídas por 8 linhas de cana com espaçamento de 1,50 m por 10 m de comprimento, formando uma área de 120 metros quadrados. A área útil constou de 4 linha centrais de cana descontando 2 metros entre as parcelas, totalizando uma área útil de 60 metros quadrados. Foram avaliados os seguintes parâmetros das plantas: número de perfilhos, diâmetro do colmo, altura do colmo, produtividade e de qualidade tecnológica: Brix (%), Pol (%), ATR, AR, Pureza (%), Fibras (%). Os resultados permitiram concluir que a calagem e gessagem não alteraram o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo experimental, bem como os parâmetros de qualidade tecnológicos e a sua produtividade, nas condições experimentais.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, gesso agrícola, qualidade tecnológica

ABSTRACT

The plastering along with the liming has been extremely important in the preparation of soil applied to the different crops, correcting the high levels of aluminum and pH respectively. Thus allowing the availability of nutrients for the plants. The objective of this work was to evaluate the phytometric parameters, the technological quality and the productivity of the sugar cane, where agricultural plaster and limestone doses were applied to soil with high aluminum content. The study was carried out at Farm Porto in the city of Andira / PR in the Oxisol Dystroferic, and the sugarcane variety RB 85-5453 was used. The experiment was carried out in a randomized block with 7 treatments and 4 replicates, with T1 = (Witness: 0 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T2 = (0 Mg ha⁻¹ limestone + 2 Mg Ha⁻¹ of gypsum), T3 = (0 Mg ha⁻¹ of limestone + 4 Mg ha⁻¹ of gypsum), T4 = (0 Mg ha⁻¹ of limestone + 8 Mg ha⁻¹ of gypsum), T5 = 3 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T6 = (6 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T7 = (3 Mg ha⁻¹ limestone + 4 Mg Ha⁻¹ of gypsum). The plots consisted of 8 cane lines with spacing of 1.50 m by 10 m in length, forming an area of 120 square meters. Being considered useful area the 4 central lines of cane discounting 2 meters between the plots, totaling a useful area of 60 square meters. The parameters of the plants were evaluated: number of tillers, stem diameter, height of the stem, productivity and technological quality: Brix (%), Pol (%), ATR, AR, Purity (%), Fibers (%). The results allowed to conclude that the liming and plastering did not alter the development of the plants during the experimental cycle, as well as the technological quality parameters and their productivity in the experimental conditions.

Key-words: *Saccharum officinarum*, agricultural plaster, technological quality

3.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de grande importância econômica em razão de sua múltipla utilidade, podendo ser usada *in natura*, sob a forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de melado, rapadura, aguardente, açúcar e álcool (SILVA et al., 2007).

Com área estimada de 8,84 milhões de hectares plantados em 2017 (CONAB, 2017). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com aproximadamente 40% da

produção mundial com perspectiva para elevar a produção para 647,6 milhões de toneladas para a safra 2017/18 (CONAB, 2017). No país a cana é plantada no Norte-Nordeste e no Centro-Sul, permitindo dois períodos de safra (UNICA, 2015).

A cultura adapta-se a diversos tipos de solo, inclusive aqueles com características mais hostis para as plantas, porém com reduzida produção. Um dos fatores ligados ao solo, que pode reduzir a produção de cana-de-açúcar são solos ácidos e com elevado teor de alumínio, que impedem o crescimento radicular em profundidade, ocasionando menor absorção de água e nutrientes disponíveis (SOUSA et al., 2005).

A cana-de-açúcar é uma cultura que tolera o alumínio, porém existem relatos que o sistema radicular se desenvolve melhor em solos corrigidos, como diz Rocha et al. (2008), no qual verificaram aumentos na percentagem de raízes em subsuperfície, principalmente nos tratamentos onde se aplicou calcário e a associação calcário e gesso.

O gesso agrícola é amplamente utilizado como fonte de enxofre (S) para diversas culturas, dentre elas a cana-de-açúcar (BLUM et al., 2013). Sendo feito atualmente várias pesquisas para fornecimento de enxofre (S) para a cana, pois pode ocorrer deficiência na cultura devido ao cultivo contínuo, e queimadas que ocasionam volatilização do mesmo (FERRAZ, 2015). A aplicação do gesso na cana-de-açúcar, visando à recuperação química do solo em profundidade, deve ser realizada preferencialmente após a calagem, ou pelo menos junto a ela, podendo ser direcionada tanto para a cana planta como nas soqueiras, dependendo do planejamento e da condução da lavoura (DIAS; ROSSETO, 2006).

Bons resultados foram relatados com o uso do gesso em cana-de-açúcar por fornecer cálcio e enxofre, e ao efeito condicionador de subsuperfície. Após aplicação de 4 Mg ha⁻¹ de gesso, observou-se um aumento na produtividade de colmos em torno de 15%, além de permitir maior duração de vida da soqueira (LORENZETTI et al., 1992).

Vitti et al. (1992), encontraram melhor distribuição do sistema radicular de cana-de-açúcar após aplicação de gesso, concordando com Rocha et al. (2008), que verificaram que 80% do sistema radicular foi distribuído na camada de 40-80 cm com a aplicação de 4,62 Mg ha⁻¹ de gesso, enquanto sem a aplicação de gesso apenas 30% do sistema radicular atingiu esta profundidade.

Ferraz et al. (2015), afirmaram que a aplicação de gesso agrícola consiste em técnica importante para o condicionamento do solo, melhorando os atributos físicos e químicos contribuindo de forma expressiva para o crescimento e desenvolvimento pleno da cana-de-açúcar, pois elevam Ca²⁺ e Mg²⁺ em profundidade, aumentando assim a disponibilidade de

nutrientes à cultura da cana-de-açúcar, concordando com Araújo (2015), que na utilização de gesso, verificou elevação nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} e redução na saturação por alumínio nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, de um Latossolo Vermelho após a terceira soca em resposta as doses de gesso aplicado no plantio da cana (50 meses após aplicação). Além disso, o gesso também propiciou maior acúmulo de matéria orgânica e maiores valores da capacidade de troca catiônica na camada de 40-100 cm, observando que o uso do gesso proporcionou aumento na produtividade de colmos, de açúcares redutores totais (ART), biomassa de colmos e palha da cana planta e nas três socas.

Comparando calcário e gesso, Medina et al. (2000), observaram que a aplicação conjunta de calcário e gesso promoveram uma quantidade maior de raízes nas camadas 0,50-0,75 e 0,75-1,00 m, em comparação com a aplicação de somente calcário. Segundo Morelli et al. (1992) que avaliaram o efeito da aplicação incorporada de gesso e calcário no plantio da variedade SP70-1143, em um Latossolo Vermelho álico de textura arenosa, verificou durante 4 cortes que a melhor combinação foi 4 Mg ha^{-1} de calcário com 2 Mg ha^{-1} de gesso, promovendo um acréscimo na produtividade de 18 Mg ha^{-1} .

Embora seja do conhecimento técnico que a aplicação de gesso e calcário causam uma melhoria no ambiente radicular, não se pode afirmar que isso aumentará a produtividade, pois os resultados encontrado por Carvalho et al. (2013), não observaram aumentos de produtividade com a aplicação de gesso somente, na primeira soqueira da variedade RB 867515 em colheita mecanizada em Latossolo Vermelho amarelo de textura arenosa.

Assim também, Medina et al. (2000) não observaram diferenças estatísticas entre as doses de calcário e gesso aplicados na terceira soqueira da cultivar IAC 58-480, em um Nitossolo distrófico.

O uso de gesso, segundo Carvalho et al. (2013), incrementou os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e V%, bem como reduziu os teores de Al^{3+} , nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, e aumentou o teor de SO_4^{2-} , na camada de 0,40-0,60 m, aos 180 e 360 dias, respectivamente. Ainda segundo esses autores, a gessagem não resultou em aumento na produtividade de colmos ou melhoria da qualidade tecnológica.

Para as variáveis tecnológicas na produção de cana-de-açúcar Rocha (2007), observou efeitos significativos para a aplicação das doses de gesso mineral, porém apenas para PC, ATR e POL na variedade SP 79-4764 esse mesmo autor constatou que os açúcares redutores totais recuperáveis, açúcares polarizáveis, Pol % de cana aumentaram em função das doses de gesso aplicadas. Para justificar estes resultados, notadamente o ponto de inflexão a

partir da dose que promoveu maiores valores nos atributos avaliados, Rocha (2007), também mencionou que doses elevadas de gesso passam a ser nocivas à produção de açúcar, por causa dos possíveis desequilíbrios de bases provocado pela descida do cálcio, conforme também, relatado nos trabalhos de Caires et al. (2004), e Mupangwa; Tagwira (2005).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da calagem e gessagem no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, na qualidade tecnológica e na sua produtividade.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Local experimental

O experimento foi conduzido em área de cultivo pertencente à Usina de Açúcar e Alcool Bandeirantes - USIBAN, na Fazenda Porto, no município de Andirá - PR, latitude 23°03'02'' S, longitude 50° 13'44'' W e altitude 470 m (GEOGRAFOS, 2016).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, isto é, subtropical. A temperatura média mínima anual é de 16,7 °C e a máxima anual de 28,7 °C e a precipitação média anual é de 1429 mm (IAPAR, 2016). Os dados meteorológicos do período de avaliação foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado, aproximadamente, 6 km do experimento e estão apresentados na Figura 1.

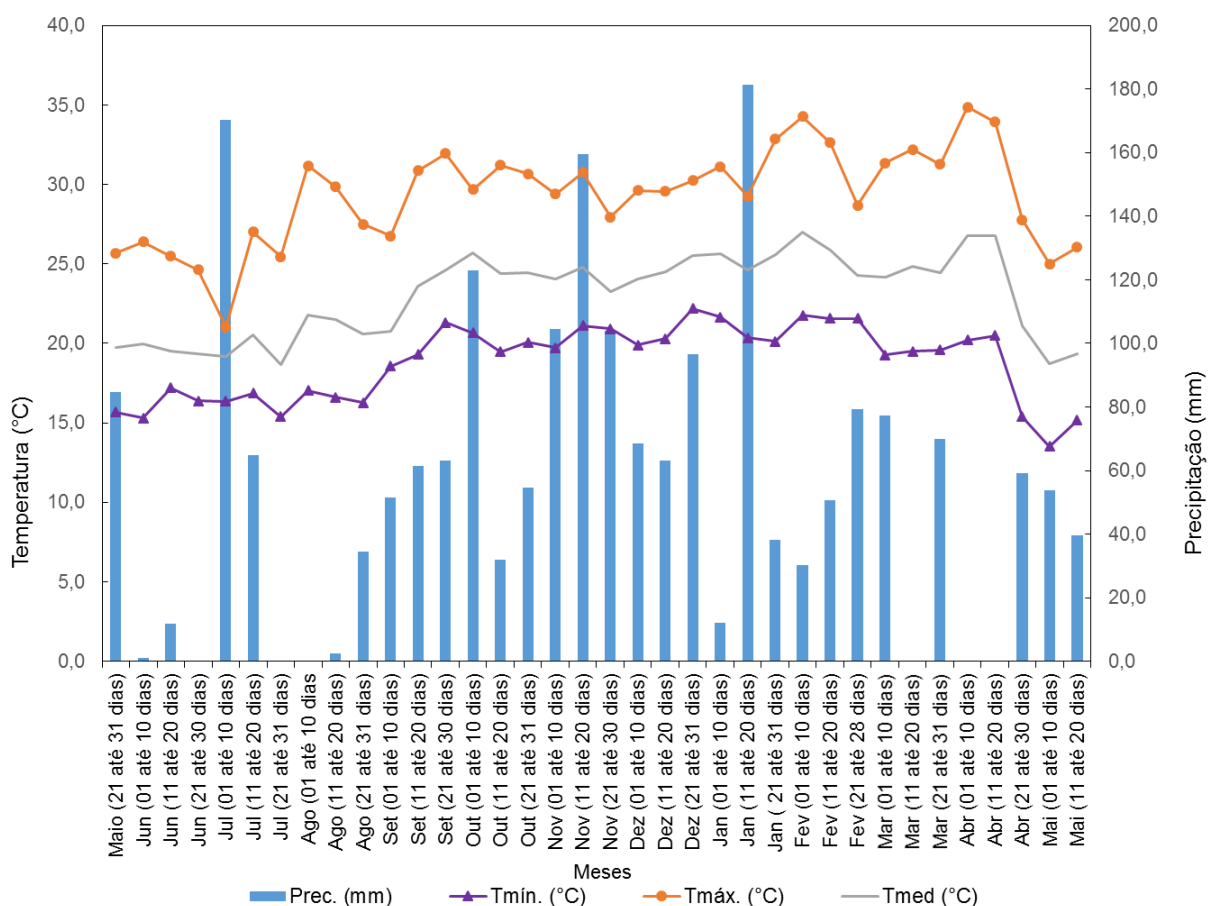


Figura 1. Extrato mensal do balanço hídrico e de temperatura, durante o ciclo de 1 ano (uma soqueira), Bandeirantes – PR. **Fonte:** IAPAR, Bandeirantes – PR.

O solo experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico e classificação textural muito argilosa apresentando: 670 g kg⁻¹ de argila, 151 g kg⁻¹ de silte e 179 g kg⁻¹ de areia, segundo (EMBRAPA, 2013). Foi amostrado inicialmente para caracterização química e textural, onde foram abertas 5 trincheiras de 1 m de profundidade e foram retiradas 3 amostras nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos e Plantas do Campus Luiz Meneghel/UENP e realizadas as análises de rotina, e os resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1- Características químicas do solo da área experimental antes da correção e adubação- Andirá/PR, 2015.

Prof.	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
(m)	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	.....	.....	.....	cmol _c dm ⁻³	.....	.....	(%)	(%)	
			(Mehlich 1)									
0-0,20	3,9	14,7	3,8	0,10	1,00	0,50	2,3	8,63	1,60	10,24	15,7	60,0
0,20-0,40	4,1	12,7	1,6	0,03	1,70	0,60	1,3	5,89	2,43	8,33	29,2	36,0
0,40-0,60	4,2	10,7	1,2	0,02	1,70	0,70	0,7	5,53	2,42	7,95	30,4	24,0

M.O.- matéria orgânica, SB- soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica, V(%)- saturação por bases, m(%) saturação por alumínio

3.2.2 Cultura e delineamento experimental

A cultura utilizada no experimento foi a cultura de cana-de-açúcar variedade RB 85-5453, plantada em novembro de 2010, que segundo Embrapa (2016), tem as seguintes características: exigente em solo e água, maturação precoce, rendimento de transporte bom, colheita mecanizada boa, brotação da soca boa, brotação com palha excelente, florescimento todos os anos e excelente resposta à maturadores.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições, com aplicação de doses de gesso agrícola e calcário, sendo T1, 2, 3 e 4, respectivamente (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), T5, e T6 respectivamente com (3 e 6 Mg ha⁻¹ de calcário e 0 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), e T7 (3 Mg ha⁻¹ de calcário e 4 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), conforme Tabela 2.

O experimento foi realizado em área total de 3936 m², abrigando 32 linhas de plantio, espaçadas com 1,5 m entre sí, por 82 m de comprimento, onde cada tratamento (parcela) foi composto por 8 linhas de plantio com 10 metros de comprimento, sendo separadas por 2 m entre sí, conforme Figura 2. Dentro de cada parcela foi considerada área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se no início 0,50 m e no final 1,50 m de cada linha dentro da parcela, totalizando uma área útil de 48 m².

A dose recomendada de gesso agrícola foi determinada segundo recomendação do Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), que recomenda sua aplicação quando averiguado teor de Ca²⁺ inferior a 4 mmol_c dm⁻³ e/ou saturação por alumínio acima de 40% seguindo a seguinte fórmula: argila (em g kg⁻¹) x 6 = kg ha⁻¹ de gesso a aplicar. O calcário

utilizado foi o dolomítico, e sua dose recomendada foi realizada segundo recomendações estabelecidas pelo Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), sendo T7 as doses recomendadas (3 Mg ha^{-1} de calcário + 4 Mg ha^{-1} de gesso agrícola) e T1 a testemunha. As aplicações foram feitas manualmente à lanço sem incorporação.

Tabela 2- Descrição dos tratamentos utilizados no experimento. Andirá/PR 2015

Tratamentos	Descrição (Mg ha^{-1})
1	0 de calcário + 0 de gesso agrícola
2	0 de calcário + 2 de gesso agrícola
3	0 de calcário + 4 de gesso agrícola
4	0 de calcário + 8 de gesso agrícola
5	3 de calcário + 0 de gesso agrícola
6	6 de calcário + 0 de gesso agrícola
7	3 de calcário + 4 de gesso agrícola

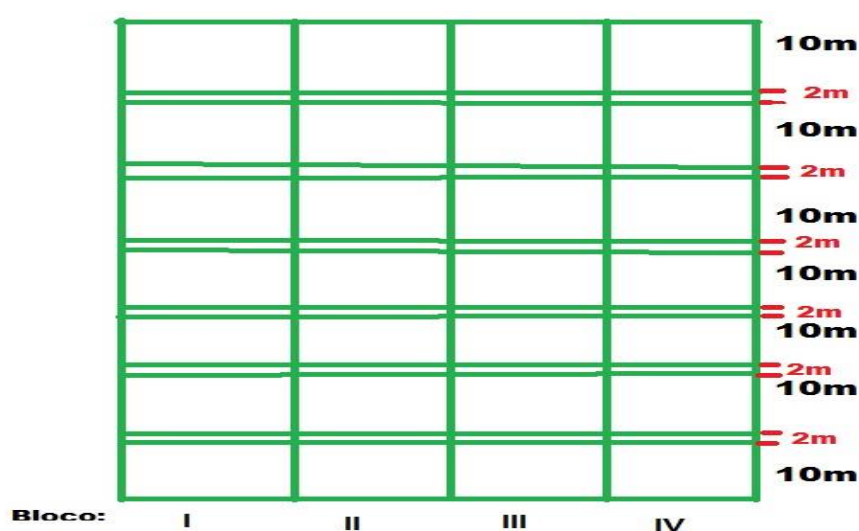


Figura 2. Aspecto geral do croqui da área experimental

3.2.3 Condução experimental

O experimento foi instalado em setembro de 2015, onde foram demarcadas as áreas com estacas e sorteados os tratamentos.

No dia 08 de novembro de 2015 houve uma chuva de 37,2 mm, com grande queda de granizo e ventos que ultrapassaram 100 km h^{-1} , ocasionando estragos na cultura, conforme Figura 3 A e B.

O controle de plantas daninhas foi realizada com pulverizador costal aplicando herbicida Confidence – H na dose de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$, já para o controle de formigas foi feito aplicação de Regente 800WG na dose de $0,9 \text{ L ha}^{-1}$, sendo esses manejos feitos pelo técnico da USIBAN. A adubação foi realizada no dia 11 de junho de 2015 com a aplicação de 500 Kg ha^{-1} da fórmula 20-05-20 de N-P-K, com o uso de cultivador conforme procedimento usual da usina.

Durante a condução do projeto houve grande incidência de broca-da-cana (*Diatrea sacchralis*), carvão (*Ustilago scitaminea*), e podridão de fusarium (*Fusarium moniliforme*), mas não houve controle. Figuras 4 e 5.



Figura 3 A. Aspecto geral dos estragos causados por granizo em uma área próxima a área do projeto. **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).



Figura 3 B. Aspecto geral de “costela de vaca” formada por consequencia da enxorrada. **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).



Figura 4. Aspecto das plantas de cana com sintomas de carvão (*Ustilago scitaminea*).
Foto: VIECELI, T.H.A. (2016).

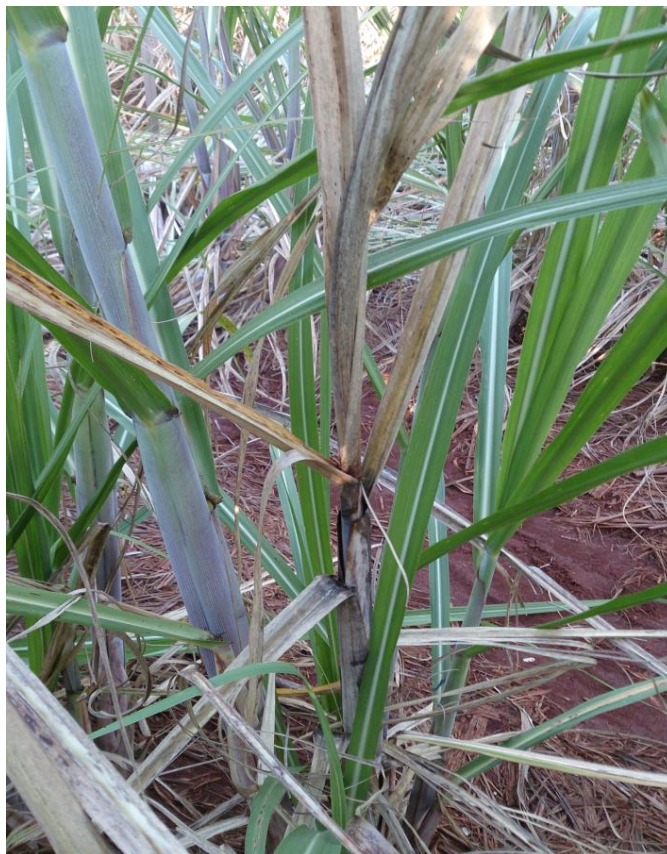


Figura 5. Podridão de fusarium (*Fusarium moniliforme*). **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).

3.2.4 PARÂMETROS AVALIADOS

3.2.4.1 Parâmetros Fitométricos

Foram realizadas 3 amostragens dos parâmetros fitométricos, aos 120, 240, e 360 dias após o corte (DAC), onde foram avaliados em 2 m lineares: números de perfilhos (plantas), altura do colmo (m) e diâmetro do colmo (mm).

Para avaliar o número de perfilhos foi contado o número dos perfilhos em 2 m na linha de plantio, onde posteriormente foi medida a altura do colmo, com auxílio de uma trena, desde a superfície do solo até a bainha da primeira folha expandida “folha +1” (primeira folha superior desenvolvida e com a lígula visível) o resultado foi expresso em metros, em seguida o diâmetro dos colmos foi medido utilizando um paquímetro digital, tendo os resultados expressos em milímetros.

3.2.4.2 Parâmetros de Produção e Qualidades Tecnológicas

Para determinação da produtividade foi realizada colheita (corte) manual e sem fogo (cana crua), onde foi retirado apenas as pontas (folhas) dos colmos em toda a área útil da parcela, a produtividade agrícola da cana-de-açúcar foi expressa em Tonelada de Colmos por Hectare (TCH), após a colheita (corte), os colmos foram picados e acomodados em “big bags” (Figura 6) para posterior pesagem com auxílio de um guincho com balança suspensa, (Figura 7).



Figura 6. Cana picada acomodada nos “Big Bags”. **Fonte:** VIECELI, T. H. A. (2016)



Figura 7. Pesagem com balança suspensa. **Fonte:** VIECELI, T. H. A. (2016).

Ainda para as demais variáveis relacionadas às qualidades tecnológicas da cana, como: Brix (%), POL (%), Pureza, Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), Açúcar Redutor (AR), e fibras, os quais foram analisadas pelo laboratório da USIBAN de acordo com as normas técnicas do Consecana, (CANZIANI, 2012), onde foram amostrados 10 colmos por parcela, os quais foram picados no desintegrador e homogeneizados, tomando-se em seguida amostra de 500 g do material triturado, que foi prensado para extração do caldo.

O procedimento foi efetuado em prensa hidráulica, com a amostra coletada em recipiente cilíndrico de aço inoxidável, submetida à pressão de 250 kgf cm⁻² durante 1 minuto. Foi analisado o brix (sólidos solúveis) no caldo em refratômetro de bancada com correção automática de temperatura. Clarificante à base de alumínio (“octapol”) foi adicionado

ao caldo, que foi filtrado, fazendo a leitura sacarimétrica (POL) em sacarímetro com tubo polarimétrico de fluxo contínuo. Os rendimentos de ATR por hectare foram quantificados de acordo com CONSECANA (CANZIANI, 2012).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos parâmetros fitométricos estão apresentados na Tabela 3, onde se pode notar que não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, porém entre as épocas de amostragem (120, 240 e 360 DAC), houve significância entre os resultados.

Tabela 3 – Altura do colmo (m), diâmetro do colmo (mm), e número perfilhos em função da gessagem e calagem ao longo do ciclo de 360 dias após o corte (DAC), Andirá/PR.

Tratamentos (Mg ha ⁻¹)	Altura (m)	Diâmetro (mm)	Número de plantas
0C + 0G	1,17 A ⁽¹⁾	19,10 A	30 A
0C + 2G	1,18 A	18,90 A	32 A
0C + 4G	1,20 A	19,75 A	29 A
0C + 8G	1,23 A	19,50 A	31 A
3C + 0G	1,25 A	19,32 A	30 A
6C + 0G	1,15 A	18,80 A	31 A
3C + 4G	1,19 A	19,65 A	30 A
F	0,83 ns	0,98 ns	0,33 ns
CV (%)	11,78	6,47	18,03
Épocas (DAC)			
120	0,18 C	11,64 B	32,71 A
240	1,21 B	22,44 A	34,07 A
360	2,20 A	23,81 A	25,00 B
F	675,65 *	267,76 *	22,96 *
CV (%)	17,09	11,17	17,66

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *= Significativo; ns = Não significativo, C= Calcário, G= Gesso (em Megagramas por hectare).

As possíveis diferenças nos parâmetros fitométricos quando da aplicação das doses de calcário e gesso agrícola, poderiam ser obtidos, provavelmente, se o experimento fosse conduzido por um período maior, sendo assim os insumos teriam um maior tempo de reagirem no solo.

De acordo com a Tabela 4, onde são apresentados os parâmetros de qualidade tecnológicos da cultura da cana-de-açúcar, se pode observar que houve diferenças estatísticas significativas apenas para ATR, sendo que o menor valor de ATR está associado a ao tratamento onde se utilizou 4 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola que diferiu estatisticamente da testemunha.

Os resultados apresentados nessa tabela estão de acordo com os valores recomendados e mostrados na Tabela 5 segundo Ripoli; Ripoli (2004).

Tabela 4- Resultados com os parâmetros de qualidades tecnológicas, Bandeirantes/PR.

Tratamentos (Mg ha ⁻¹)	Brix (%)	Pol (%)	ATR kg Mg ⁻¹	AR	Pureza (%)	Fibras (%)
0C+0G	21,57 A ⁽¹⁾	19,27 A	158,47 A	0,48 A	89,36 A	12,51 A
0C+2G	20,92 A	18,71 A	153,52 AB	0,47 A	89,43 A	12,68 A
0C+4G	19,75 A	18,35 A	143,53 B	0,47 A	89,42 A	13,27 A
0C+8G	20,17 A	18,29 A	148,79 AB	0,44 A	90,67 A	13,06 A
3C+0G	20,75 A	18,52 A	153,45 AB	0,48 A	89,35 A	12,14 A
6C+0G	20,85 A	18,93 A	153,46 AB	0,43 A	90,81 A	13,21 A
3C+4G	20,17 A	17,97 A	148,25 AB	0,49 A	89,06 A	12,48 A
F	ns	ns	3,40 *	ns	ns	ns
CV (%)	4,05	3,65	3,48	7,18	1,28	5,60

⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *= significativo; ns= não significativo; C= calcário; G= gesso agrícola (em Megagramas ou Toneladas).

Tabela 5 - Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar.

Indicadores	Valores Recomendados
POL	> 14
Pureza (POL/ Brix)	> 85 %
ATR (sacarose, glicose, frutose)	>15 % ou > 150 Kg Mg ⁻¹
AR (glicose, frutose)	< 0,8 %
Fibras	11 a 13%

Fonte: Ripoli; Ripoli (2004).

Esses resultados não corroboram com os encontrados por Araújo, (2015) que encontrou aumento nos Açúcares Redutores Totais (ART), Biomassa dos Colmos (Fibras) e Palha da cana em três socas com a utilização de gesso, porém estão de acordo com Rocha, (2007) que afirmou que à medida que se acrescentou mais gesso, ocorreu um acréscimo na produção, assim como os Açúcares Totais Recuperáveis, Açúcares Polarizáveis, POL % da cana.

Medina et al. (2000), trabalhando com doses de calcário e gesso agrícola aplicados na terceira soqueira da cultura da cana-de-açúcar, observaram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade tecnológicos, para a aplicação de gesso, porém apenas para PC, ATR, e POL e esse relato está parcialmente de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, pois foram encontrados diferenças significativas apenas para ATR na cana-de-açúcar em quinta soqueira.

Os resultados de produtividade (TCH) estão apresentados na Tabela 6, onde se pode observar que não houve diferenças significativas, quando se utilizou doses de calcário e gesso agrícola. Esses resultados desconcordam com Lemes et al. (2010), no qual afirmou que a aplicação de calcário e gesso aumentou a produtividade. Isso não é corroborado por Medina et al. (2000), que não observaram diferenças estatísticas nos resultados entre doses de calcário e gesso agrícola aplicados na terceira soqueira o que também foi reafirmado por Rocha (2007).

Tabela 6- Resultados obtidos com a Produtividade (Mg ha^{-1}), Bandeirantes/PR.

Tratamentos (Mg ha^{-1})	(TCH)
0C+0G	59,60 A ⁽¹⁾
0C+2G	52,90 A
0C+4G	64,14 A
0C+8G	57,39 A
3C+0G	64,20 A
6C+0G	57,40 A
3C+4G	57,83 A
F= ns CV (%)= 13,38	

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ns= não significativo; C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

Já Araújo (2015), encontrou aumento na produtividade (TCH) ao qual concordou com Fernandes et al., (2007), que também verificaram que doses maiores deste insumo promoveram aumento na produtividade.

Rocha (2007), menciona que doses elevadas de gesso tendem a ser nocivas à produção de açúcar, por ocasionar desequilíbrio pela descida do cálcio, o que também foi relatado por Caires et al. (2004) e Mupangwa; Tagwira (2005).

Os baixos valores de produtividades apresentados na Tabela 6, podem ser explicados devido a cultura já estar em estado avançado de cultivo, ou seja, quinta soca. Também fatores ambientais adversos podem ter influenciados os resultados, como mostram os resultados da Figuras 1 e 3 A e B, onde chuvas torrenciais e na forma de granizo ocorreram no período experimental, trazendo atraso no desenvolvimento da cultura e possibilitando a disseminação de doenças.

3.4 CONCLUSÃO

A prática da calagem e gessagem não alteraram o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo experimental, bem como os parâmetros de qualidade tecnológicos e a sua produtividade.

4 ARTIGO B – GESSAGEM E CALAGEM EM ALGUNS ATRIBUTOS QUIMICOS DO LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, CULTIVADO COM CANA-DE AÇÚCAR.

RESUMO

A gessagem juntamente com a calagem vem sendo manejos de grande importância no preparo de solo aplicados à diversas culturas, fazendo a correção dos teores elevados de alumínio, e alteração o pH, respectivamente, além de fornecer cálcio, magnésio e enxofre às culturas, contribuindo assim para a melhoria do ambiente solo, e como consequência favorecendo o desenvolvimento radicular e, possibilitando assim uma adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar alguns parâmetros de solo onde se aplicou doses de gesso agrícola e calcário em solo com alto teor de alumínio. O estudo foi realizado na Fazenda Porto no município de Andirá/PR em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, e foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB 85-5453. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições, sendo T1= (Testemunha: 0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T2= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 2 Mg ha⁻¹ de gesso), T3= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso), T4= (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 8 Mg ha⁻¹ de gesso), T5= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T6= (6 Mg ha⁻¹ de calcário + 0 Mg ha⁻¹ de gesso), T7= (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso). As parcelas foram constituídas por 8 linhas de cana com espaçamento de 1,5 m por 10,0 m de comprimento, formando uma área de 120 metros quadrados. A área útil constou de 4 linha centrais de cana descontando 0,5 metros no início e 1,5 metros no final de cada parcelas, totalizando uma área útil de 48 metros quadrados. Foram avaliados os parâmetros de solo pH, saturação de bases (V%), saturação por alumínio (m%), teores de K, e S, nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 m. Os resultados permitiram concluir que quanto a qualidade química do solo, houve aumento do pH, V% e teor de S, com consequente queda na saturação por alumínio.

Palavra-chave: gesso agrícola, calcário, solo alumínico, *Saccharum officinarum*

Abstract

The plastering together with the liming process has been of great importance in the preparation of soil applied to the different cultures, correcting the high aluminum content, and changing the pH respectively, besides supplying calcium, magnesium and sulfur to the crops, thus contributing to the improvement of the soil environment, and as a consequence favoring the root development and, thus, allowing an adequate availability of nutrients for the plants. The objective of this work was to evaluate some soil parameters where agricultural gypsum and limestone doses were applied to soil with high aluminum content. The study was carried out at Farm Porto in the city of Andirá / PR in Oxisol Dystroferic, and the variety of sugarcane RB 85-5453 was used. The experiment was carried out in a randomized complete block with 7 treatments and 4 replicates, with T1 = (Witness: 0 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T2 = (0 Mg ha⁻¹ limestone + 2 Mg ha⁻¹ of gypsum), T3 = (0 Mg ha⁻¹ of limestone + 4 Mg ha⁻¹ of gypsum), T4 = (0 Mg ha⁻¹ of limestone + 8 Mg ha⁻¹ of gypsum), T5 = 3 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T6 = (6 Mg ha⁻¹ limestone + 0 Mg ha⁻¹ gypsum), T7 = (3 Mg ha⁻¹ limestone + 4 Mg ha⁻¹ of gypsum). The plots consisted of 8 cane lines with spacing of 1.5 m by 10.0 m in length, forming an area of 120 square meters. The useful area consisted of 4 central lines of sugarcane discounting 2 meters between the plots, totaling a useful area of 60 square meters. The parameters of soil pH, base saturation (V%), saturation by aluminum (m%), K and S contents were evaluated. The results allowed to conclude that the chemical quality of the soil showed a difference in pH between treatments in the depths 0-20 and 20-40 cm, where in the same depth presented significant differences for potassium (K), already for the element sulfur (S) was presented significant differences in depths 0-20, 20-40, 40-60 cm. The results allowed to conclude that the chemical quality of the soil increased pH, V% and S content, with a consequent decrease in saturation by aluminum.

Key-words: gypsum, limestone, aluminum soil, *Saccharum officinarum*

4.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, possui a classificação botânica, na qual pertence à divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Cyperales*, família *Poaceae*, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum* spp (BEAUCLAIR, 2016). É uma cultura de grande importância econômica em razão de sua múltipla utilidade, podendo ser usada in natura, sob a forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de melado, rapadura, aguardente, açúcar e álcool (SILVA et al., 2007).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com aproximadamente 40% da produção mundial com perspectiva para elevar a produção para 647,6 milhões de toneladas para a safra 2017/18 (CONAB, 2017). No país a cana é plantada no Norte-Nordeste e no Centro-Sul, permitindo dois períodos de safra (UNICA, 2015).

A cultura adapta-se a diversos tipos de solo, inclusive aqueles com características mais hostis para as plantas, porém com reduzida produção. Um dos fatores ligados ao solo, que pode reduzir a produção de cana-de-açúcar são solos ácidos e com elevado teor de alumínio, que impedem o crescimento radicular em profundidade, ocasionando menor absorção de água e nutrientes disponíveis (SOUSA et al., 2005).

A cana-de-açúcar em relação à exploração das camadas mais profundas do solo possui um sistema radicular diferenciado em relação às demais culturas, principalmente as anuais. O seu sistema radicular se desenvolve em maior profundidade e assim passa a ter uma relação estreita com o pH, saturação por bases, porcentagem de alumínio e teores de cálcio nas camadas mais profundas do solo (STAUT, 2006).

A cana-de-açúcar é uma cultura que tolera o alumínio, porém existem relatos que o sistema radícula se desenvolve melhor em solos corrigidos, como diz Rocha et al. (2008), no qual verificaram aumentos na porcentagem de raízes em subsuperfície, principalmente nos tratamentos onde se aplicou calcário e a associação calcário e gesso.

Segundo Marschner (1995), os principais impedimentos que restringem a penetração de raízes no subsolo, prejudicando a absorção de água e nutrientes, são aeração deficiente, impedimentos mecânicos e acidez. No caso da acidez, os principais fatores são deficiência de cálcio e o excesso tóxico de alumínio, concordando com Lepsch (2002), que concluiu que a acidez do solo se deve não só a presença de ácidos orgânicos, mas também, a saturação por alumínio, componente da argila do solo por reações químicas, hidrólise do alumínio, que liberam cátions para a solução do solo, acidificando-o

No Brasil, a toxidez de alumínio é de grande importância, sendo de ocorrência generalizada na maior parte dos solos (OLMOS; CAMARGO, 1976). A calagem pode resolver o problema na camada superficial do solo, mas dificilmente promoverá correção no subsolo.

Do ponto de vista químico, o alumínio é um dos elementos mais abundantes no solo, estando presente na estrutura dos minerais secundários, com destaque, nos solos brasileiros para caulinita e gibsitita. Esses minerais, contudo, são insolúveis e têm alumínio imobilizado na estrutura cristalina. Quando ocorre acidez alta no solo, estes minerais se dissolvem e liberam Al^{3+} como cátion trocável no solo, portanto a acidez trocável do alumínio é uma consequência da alta acidez do solo e não a causa desta acidez inicial (INTERNACIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2010).

O alumínio trocável, em qualquer uma das suas formas iônicas solúveis, é um elemento altamente fitotóxico. Do ponto de vista de nutrição vegetal, o alumínio é muito mais prejudicial do que o hidrogênio, pois atua no meristema apical da raiz, cessando a divisão celular, paralisando o crescimento das raízes (GUEDES et al., 2001), que se alongam mais lentamente, engrossam e não se ramificam normalmente, as pontas das raízes desintegram e adquirem cor marrom (RAGASSI, 2007). As raízes adventícias proliferam enquanto a coroa da planta estiver viva (REID, 1976). Em estágios mais avançados da toxidez, a parte aérea também é danificada, existindo correlação estreita entre a massa das raízes e a massa da parte aérea das plantas.

A toxidez por alumínio para as raízes depende da atividade química do elemento em solução. A atividade química é uma medida do quanto as interações entre as espécies químicas em uma solução desviam da idealidade. Na prática para um corretivo, quanto maior a concentração e a valência dos íons, maior será o efeito na redução do coeficiente de atividade. Por exemplo, o sulfato de cálcio que tem cátions e ânion divalentes, tem considerável efeito em reduzir a atividade do Al^{3+} em solução (INTERNACIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2010).

A correção da acidez abaixo da camada superficial depende do transporte de bases a partir da superfície e das reações destas bases com os ácidos do solo. Este transporte é dependente da quantidade de água e da concentração de cátions na água de lixiviação, que por sua vez é dependente da concentração de ânion, como sulfato, nitrato, cloreto e bicarbonato (CAHN et al., 1993).

Segundo Caires et al. (2001), uma solução para melhorar os solos ácidos e com baixos teores de cálcio em subsuperfície é a aplicação de gesso e concluiu posteriormente em 2003 que essa prática proporcionava de fato um subsolo de melhor qualidade, concordando

com Carvalho; Raij (1997), que nessas condições a planta conseguiria absorver melhor água e nutrientes.

O gesso reage com o Al^{3+} do solo, fazendo com que ele fique em formas menos tóxicas (AlSO_4^+), precipitando-o, além de aumentar os teores de Ca^{2+} e S nas camadas mais profundas (NEIS et al., 2010). Comparado com o calcário o gesso é mais solúvel e chega a se movimentar 150 vezes mais (MASCHIETTO, 2009), atuando no subsolo, sem a necessidade de incorporação (CAIRES et al. 2003).

Deve-se atentar com o uso de gesso agrícola, pois doses elevadas do mesmo podem provocar lixiviação excessiva de bases trocáveis, sendo a do magnésio um grande exemplo dessa reação (ERNANI et al., 2001). Caires et al. (2004), recomenda-se a utilização de calcário dolomítico quando se faz grandes aplicações de gesso, para compensar as perdas de magnésio trocável.

Recomenda-se fazer a calagem 60 a 90 dias antes da aplicação de gesso para minimizar o efeito das lixiviações de bases com o uso de gesso (LOPES et al., 2004), porém a lixiviação de cátions citadas por (ERNANI et al., 2001) e a redução do alumínio tóxico em camadas mais profundas podem melhorar as condições dos solos, principalmente deficiente em cálcio, contribuindo para o desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo a nutrição das plantas (SOUZA et al., 2007).

A reação do calcário é restrita a uma área próxima ao local de aplicação, para obter o benefício máximo faz-se a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a incorporação profunda (SORATO; CRUSCIOL, 2008).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da calagem e gessagem em alguns atributos químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Local Experimental

O experimento foi conduzido em área de cultivo pertencente à Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes - USIBAN, na Fazenda Porto, no município de Andirá - PR, latitude 23°03'02'' S, longitude 50° 13'44'' W e altitude 470 m (GEOGRAFOS, 2016).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, isto é, subtropical. A temperatura média mínima anual é de 16,7 °C e a máxima anual de 28,7 °C e a precipitação média anual é de 1429 mm (IAPAR, 2016). Os dados meteorológicos do período de avaliação

foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado, aproximadamente, 6 km do experimento e estão apresentados no Figura 1.

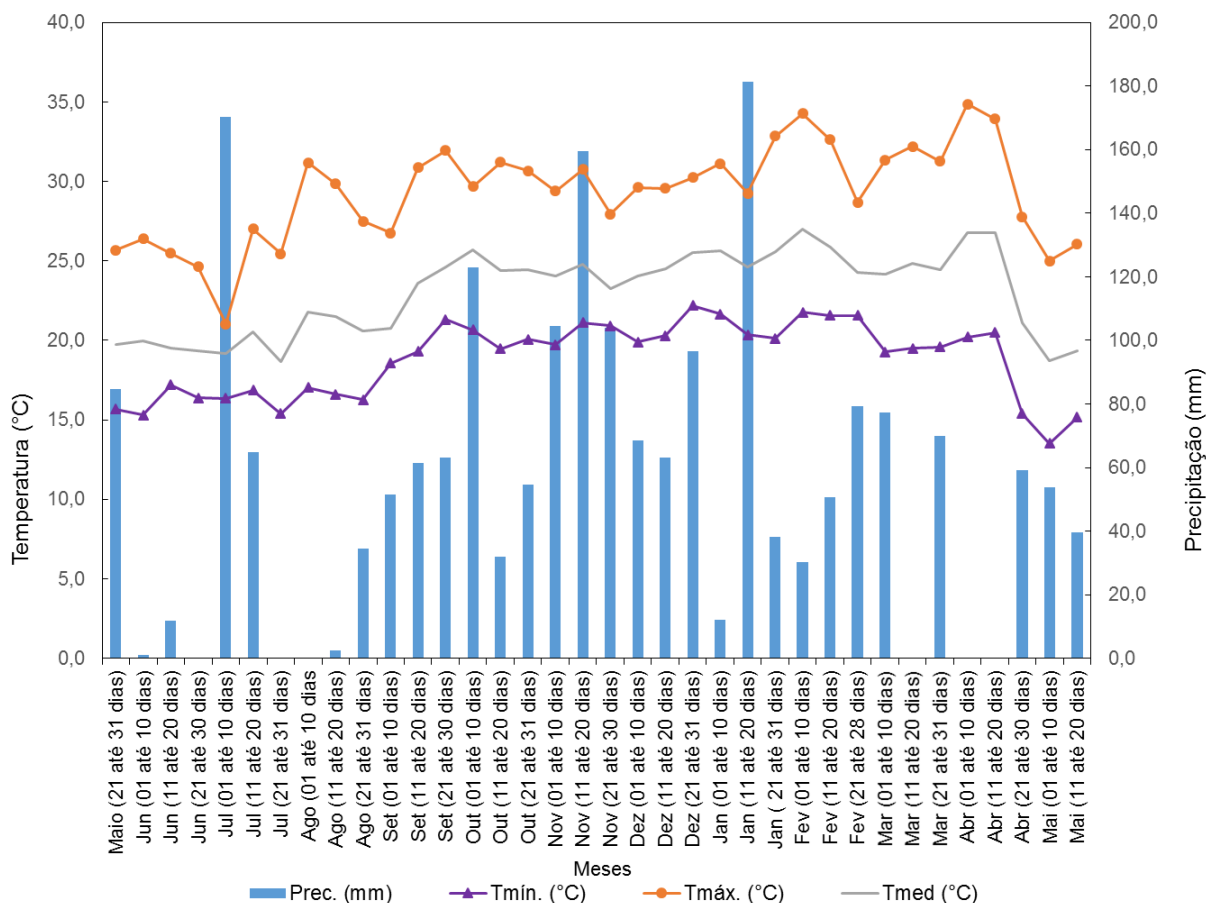


Figura 1. Extrato mensal do balanço hídrico e de temperatura, durante o ciclo de 1 ano (uma soqueira), Bandeirantes – PR. **Fonte:** IAPAR, Bandeirantes - PR

O solo experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico e classificação textural muito argilosa apresentando: 670 g kg⁻¹ de argila, 151 g kg⁻¹ de silte e 179 g kg⁻¹ de areia, segundo (EMBRAPA, 2013). Foi amostrado inicialmente para caracterização química e textural, onde foram abertas 5 trincheiras de 1 m de profundidade e foram retiradas 3 amostras nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos e Plantas do Campus Luiz Meneghel/UENP e realizadas as análises de rotina para química do solo e de densidade do solo estão nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1- Características químicas do solo da área experimental antes da correção e adubação- Andirá/PR, 2015.

Prof.	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
(m)	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	.....	.....	.....	cmol _c dm ⁻³	.....	.....	(%)	(%)	
			(Mehlich 1)									
0-0,20	3,9	14,7	3,8	0,10	1,00	0,50	2,3	8,63	1,60	10,24	15,7	60,0
0,20-0,40	4,1	12,7	1,6	0,03	1,70	0,60	1,3	5,89	2,43	8,33	29,2	36,0
0,40-0,60	4,2	10,7	1,2	0,02	1,70	0,70	0,7	5,53	2,42	7,95	30,4	24,0

M.O.- matéria orgânica, SB- soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica, V(%)- saturação por bases, m(%) saturação por alumínio.

Tabela 2 – Densidade do solo (Ds) das 3 profundidades estudadas

Profundidade	Ds
(cm)	(Mg m ⁻³)
0-20	1,34
20-40	1,45
40-60	1,36

4.2.2 Cultura e delineamento experimental

A cultura utilizada no experimento foi a cultura de cana-de-açúcar variedade RB 85-5453, plantada em novembro de 2010, que segundo Embrapa (2016), tem as seguintes características: exigente em solo e água, maturação precoce, rendimento de transporte bom, colheita mecanizada boa, brotação da soca boa, brotação com palha excelente, florescimento todos os anos e excelente resposta à maturadores.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições, com aplicação de doses de gesso agrícola e calcário, sendo T1, 2, 3 e 4, respectivamente (0 Mg ha⁻¹ de calcário + 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), T5, e T6

respectivamente com (3 e 6 Mg ha⁻¹ de calcário e 0 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), e T7 (3 Mg ha⁻¹ de calcário e 4 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola), conforme Tabela 3.

O experimento foi realizado em área total de 3936 m², abrigando 32 linhas de plantio, espaçadas com 1,5 m entre sí, por 82 m de comprimento, onde cada tratamento (parcela) foi composto por 8 linhas de plantio com 10 metros de comprimento, sendo separadas por 2 m entre sí, conforme Figura 2. Dentro de cada parcela foi considerada área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se no início 0,50 m e no final 1,50 m de cada linha dentro da parcela, totalizando uma área útil de 48 m².

A dose recomendada de gesso agrícola foi determinada segundo recomendação do Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), que recomenda sua aplicação quando averiguado teor de Ca²⁺ inferior a 4 mmol_c dm⁻³ e/ou saturação por alumínio acima de 40% seguindo a seguinte fórmula: argila (em g kg⁻¹) x 6 = kg ha⁻¹ de gesso a aplicar. A dose de calcário recomendada foi realizada segundo recomendações estabelecidas pelo Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), adaptada ao sistema de plantio direto, à lanço sem incorporação. O calcário utilizado foi o dolomítico, sendo T7 as doses recomendadas (3 Mg ha⁻¹ de calcário + 4 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola) e T1 a testemunha.

Tabela 3- Descrição dos tratamentos utilizados no experimento. Andirá/PR 2015

Tratamentos	Descrição (Mg ha ⁻¹)
1	0 de calcário + 0 de gesso agrícola
2	0 de calcário + 2 de gesso agrícola
3	0 de calcário + 4 de gesso agrícola
4	0 de calcário + 8 de gesso agrícola
5	3 de calcário + 0 de gesso agrícola
6	6 de calcário + 0 de gesso agrícola
7	3 de calcário + 4 de gesso agrícola

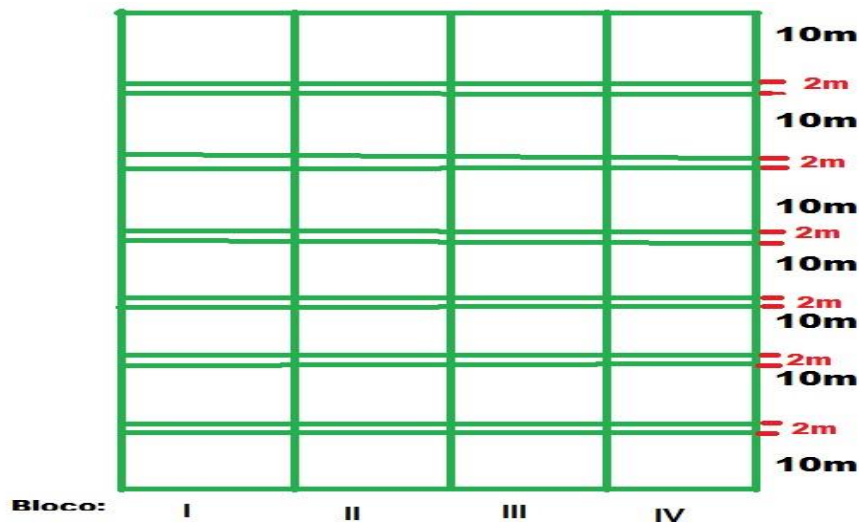


Figura 2. Aspecto geral do croqui da área experimental

4.2.3 Condução experimental

O experimento foi instalado em setembro de 2015, onde foram demarcadas as áreas com estacas e sorteados os tratamentos.

No dia 08 de novembro de 2015 houve uma chuva de 37,2 mm, com grande queda de granizo e ventos que ultrapassaram 100 km h⁻¹, ocasionando estragos na cultura, conforme Figura 3 A e B.

O controle de plantas daninhas foi realizada com pulverizador costal aplicando herbicida Confidence – H na dose de 2,5 L ha⁻¹, já para o controle de formigas foi feito aplicação de Regente 800WG na dose de 0,9 L ha⁻¹, sendo esses manejos feitos pelo técnico da USIBAN. A adubação foi realizada no dia 11 de junho de 2015 com a aplicação de 500 Kg ha⁻¹ da fórmula 20-05-20 de N-P-K, com o uso de cultivador conforme procedimento usual da usina.

Durante a condução do projeto houve grande incidência de broca-da-cana (*Diatrea sacchralis*), carvão (*Ustilago scitaminea*), e podridão de fusarium (*Fusarium moniliforme*), mas não houve controle. Figuras 4 e 5.



Figura 3 A. Aspecto geral dos estragos causados por granizo em uma área próxima a área do projeto. **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).



Figura 3 B. Aspecto geral de “costela de vaca” formada por consequência da enxurrada. **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).



Figura 4. Aspecto das plantas de cana com sintomas de carvão (*Ustilago scitaminea*).

Foto: VIECELI, T.H.A. (2016).

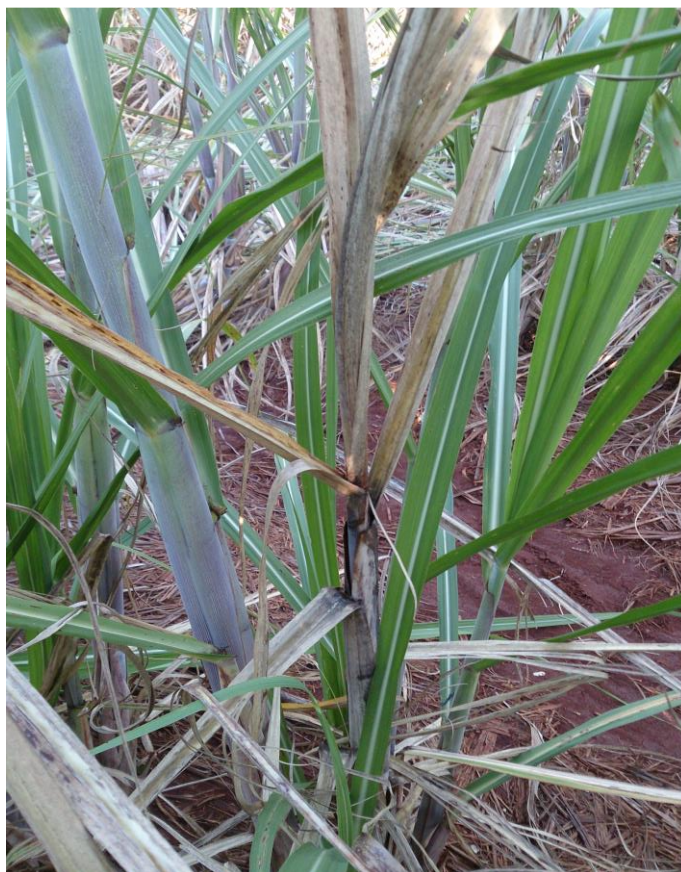


Figura 5. Podridão de fusarium (*Fusarium moniliforme*). **Foto:** VIECELI, T.H.A. (2016).

4.2.4 Parâmetros avaliados

Foram abertas 28 trincheiras, sendo uma em cada parcela (Figuras 6,7,8) e amostradas 3 profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm), o solo foi coletado para fins de análise química de rotina e S, e também para a densidade de solo e enviado para os laboratórios de solos e plantas da UENP, Campus Luiz Meneghel e para os laboratórios da UEL, onde foram determinados os parâmetros de solo pH, saturação de bases (V%), saturação por alumínio (m%), teores de K, e S através da metodologia descrita em SILVA, (2009) e densidade de solo, segundo EMBRAPA, (1997) .



Figura 6: Aspecto geral da máquina abrindo as trincheiras na área experimental. **Foto:** VIECELI, T. H. A., 2017.



Figura 7: Aspecto geral das trincheiras sendo abertas nas parcelas. **Foto:** VIECELI, T. H. A., 2017.



Figura 8: Aspecto geral mostrando perfil da trincheira. **Foto:** VIECELI, T.H.A., 2017.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir pode-se observar nas tabelas os resultados obtidos em alguns parâmetros do solo de acordo com os tratamentos em relação à profundidade.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de pH em função da gessagem e calagem, nas três profundidades avaliadas, onde se pode observar que exceto na profundidade de 0,40-0,60 m que não houve significância, nas demais profundidades houve diferenças estatísticas significativas entre o tratamento T1(0C+0G) e T6 (6C+0G) na profundidade de 0,0 a 0,20 m e entre T1 (0C+0G) e T3 (0C+4G) na profundidade de 0,20 a 0,40 m. Nos 0,20 m do solo, o maior valor de pH (4,7) foi obtido, quando se utilizou 6 Mg ha⁻¹ de calcário, embora

estatisticamente só tenha diferido do tratamento onde não foi aplicado nem calcário e nem gesso agrícola, cujo pH foi de 3,8.

Tabela 4 – Valores de pH com prática da gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades.

Profundidades	pH (CaCl ₂)		
	0,0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	 (m)		
Tratamentos (Mg ha ⁻¹)			
0C+0G	3,8 b	3,8 b	4,0 a ⁽¹⁾
0C+2G	3,9 ab	4,0 ab	4,1 a
0C+4G	3,8 ab	4,2 a	4,2 a
0C+8G	3,8 ab	3,9 ab	4,0 a
3C+0G	4,4 ab	4,1 ab	4,1 a
6C+0G	4,7 a	4,0 ab	4,1 a
3C+4G	4,5 ab	3,8 ab	4,2 a
F=	*	*	ns
CV (%)	13,38	5,52	6,60

⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% ; *= significativo; ns= não significativo. C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

Observa-se também que a prática da calagem (3 ou 6 Mg ha⁻¹) concorreu para os maiores valores de pH, (18% a mais) se comparados a ausência da aplicação de calcário (apenas gessagem e ausência do manejo de calagem e gessagem), embora estatisticamente os resultados se assemelharam, concordando com Soratto; Cruciol (2008), no qual afirmou que a dissolução do carbonato de cálcio, eleva o pH, juntamente com os teores de cálcio e magnésio e a saturação por bases do solo.

Mudanças de valores de pH em solos de classe textural muito argilosos e com período estreito entre aplicação dos produtos e coleta de dados, pode não ser os eficazes, provavelmente pelo poder tampão, característicos desses solos.

Isso pode ser verificado também na camada de 20-40 cm, onde pouca ou nenhuma variação dos valores de pH foram observados, pois o pH que inicialmente era de 4,1, na ausência da aplicação dos corretivos (0C+0G) foi de 3,8. Observa-se que houve diferenças estatística significativa entre os tratamentos (0C+0G) e (0C+ 4G), porém estatisticamente semelhante aos demais. A correção do pH de camadas inferiores do solo é mais difícil, já que segundo Sorato; Crusciol (2008), Cahn et al., (1993) e Olmos; Camargo, (1976), esse processo depende de vários fatores.

Podemos observar na Tabela 5, os valores da saturação de alumínio, onde inicialmente na camada superficial 0-0,20 m o valor chegou a 60,0 % (Tabela 1). A aplicação de calcário e gesso puro, ou associados tiveram resposta positiva em relação a diminuição dos valores da saturação de alumínio, pois todos os tratamentos tiveram valores menores e/ou semelhantes a testemunha (0C+0G), corroborando com (FARINA; CHANNON, 1988), que constataram-se, em análises do perfil do solo, a diminuição no $H + Al$, pois o cálcio dissociado do sulfato promove a movimentação do alumínio do complexo de troca (Al^{+3}) para a solução, formando o par iônico $AlSO_4^{+}$ não tóxico às culturas (RITCHEY et al., 1980; ERNANI et al., 2001; ZAMBROSI et al., 2007; SERAFIM et al., 2012; RAMPIM et al., 2013).

Na profundidade de 0-0,20 m pode-se notar uma diminuição considerável em relação à testemunha, possivelmente devido a quantidade maior de produto acumulado na superfície do solo. Na profundidade de 0,40-0,60 m a testemunha apresentou diferença estatística entre os tratamentos 0C+ 4G, 3C+0G, 6C+0G, já na profundidade de 0,40-0,60 m não houve diferença estatística provavelmente devido ao curto tempo em que ficou reagindo no solo, não tendo tempo suficiente para lixiviar as bases e passar a camada anterior 0,20-0,40 m, cuja densidade do solo ($1,45 \text{ Mg m}^{-3}$) conforme Tabela 2, que pode ter servido como barreira física, por não ter sido incorporado.

Essa redução na saturação por alumínio apresentados na Tabela 5 está de acordo com Araújo (2015), que na utilização de gesso, verificou elevação nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} e redução na saturação por alumínio nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, de um Latossolo Vermelho após a terceira soca em resposta as doses de gesso aplicado no plantio da cana (50 meses após aplicação), corroborando com Carvalho et al. (2013), que relatou que a aplicação de gesso reduziu 14% da saturação por alumínio em Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico.

Porém vale salientar que tais resultados apresentados na Tabela 5, pode ter sofrido interferência devido ao clima, onde se observou alta pluviosidade conforme Figura 1.

Tabela 5 – Saturação de alumínio (m%), com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades.

Saturação de alumínio m (%)			
Profundidades	0,0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	 (m)		
Tratamentos (Mg ha ⁻¹)			
0C+0G	63,4 a	53,6 a	34,9 a ⁽¹⁾
0C+2G	41,5 ab	38,0 ab	28,2 a
0C+4G	43,8 ab	30,6 b	29,5 a
0C+8G	35,4 b	36,0 ab	32,4 a
3C+0G	24,0 b	24,5 b	27,3 a
6C+0G	25,9 b	28,8 b	27,6 a
3C+4G	27,3 b	34,3 ab	23,6 a
F=	*	*	ns
CV(%)	38,73	39,76	61,1

⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; *= significativo; ns= não significativo.

C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

Na Tabela 6 são apresentados os valores de V%, onde se observou que apenas na camada mais profunda não houve diferenças estatísticas significativas.

Na camada superficial houve diferenças estatísticas significativas entre o tratamento (0C+0G), e naqueles em que se aplicou calcário, embora esses tratamentos não tenham diferido daqueles onde houve a gessagem. Nota-se também o valor da testemunha (0C+0G) era de 12,4, chegou à valores de 38,2% (3C+0G), apesar desse valor ser muito abaixo do requerido pela cultura (60%), isso pode ser atribuído ao pouco tempo de reação do solo e também pelo modo com que foi realizada a aplicação ou seja (superficial e não incorporada), já que resultados promissores dessas técnicas são enfatizadas por Soratto; Cruciol (2008), como sendo necessário uma distribuição uniforme, e incorporação profunda, para atingir o benefício máximo. Ressaltando-se o fator clima, onde as elevadas precipitações ocorridas durante a fase experimental (Figura1 e Figura 3 B) podem ter contribuído para o carreamento superficial dos produtos aplicados.

Tabela 6 – Saturação por bases (V%) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades.

Saturação por bases V (%)			
Profundidade	0,0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
..... m			
0C+0G	12,4 b	16,6 b	28,0 a ⁽¹⁾
0C+2G	22,5 ab	25,4 ab	31,2 a
0C+4G	19,9 ab	29,8 ab	30,8 a
0C+8G	25,1 ab	26,8 ab	30,2 a
3C+0G	38,2 a	34,6 a	33,3 a
6C+0G	37,1 a	29,7 ab	32,9 a
3C+4G	35,9 a	23,6 ab	32,7 a
F=	*	*	ns
CV	47,5	31,70	34,66

⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; *= significativo; ns= não significativo.

C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

O aumento em mais de 100% na saturação por bases que na testemunha apresentou valor de 12,4 %, se comparada aos valores, quando se utilizou a calagem podem estar associados a introdução do Ca e Mg através da calagem com calcário dolomítico e da possibilidade da diminuição da acidez potencial.

Na amostragem intermediária do solo (0,20-0,40 m), também houve diferença estatística significativa entre o tratamento com ausência de calagem e gessagem e o tratamento utilizando calcário na dose recomendada (3Mg ha^{-1}) e os demais tratamentos com valores de V% estatisticamente semelhantes à testemunha.

O uso de gesso agrícola, segundo Carvalho et al. (2013), incrementou os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e V%, bem como reduziu os teores de Al^{3+} , nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, e aumentou o teor de SO_4^{2-} , na camada de 0,40-0,60 m, aos 180 e 360 dias, respectivamente, concordando com Quaggio (2000), que relatou que o calcário quando misturado ao solo úmido, reage e ocorre dissolução do carbonato de cálcio, reagindo com os colóides do solo, elevando pH, teores de Ca, Mg e a saturação por bases, e diminuindo o Al e o Mn trocáveis no solo.

A aplicação de calcário em superfície, na implantação do sistema plantio direto, promoveu diminuição da acidez e elevação dos teores de saturação por bases, principalmente em superfície (SORATTO; CRUCIOL, 2008).

Um dos fatores adversos a aplicação de gesso agrícola se deve a preocupação no carregamento de cátions através do perfil do solo, e um dos elementos mais preocupantes é o K, já que o cálcio é acrescentado na própria gessagem e também na calagem e se o calcário conter o Mg, também esse elemento não se torna tão preocupante. Um outro detalhe sobre a preocupação com o elemento potássio diz respeito a sua dinâmica no solo, já que ele é mais fracamente retido nas partículas de argila e/ou matéria orgânica do solo, se comparado ao cálcio e magnésio. Podendo ter os valores alterados por consequência das chuvas que ocorreram durante o ciclo experimental de acordo com a Figura 1.

Diante disso é apresentado na Tabela 7 os teores de potássio em função das profundidades amostradas. Observa-se que apenas na camada de 0,20-0,40 m houve diferença estatística significativa somente entre os tratamentos (0C+2G) e (3C+4G), onde o manejo da gessagem e calagem resultou num maior teor de K no solo, provavelmente por ser essa a

recomendação preconizada pelo Boletim 100 para essa condição de solo e cultura, possibilitando assim um equilíbrio de cargas iônicas no solo.

Tabela 7 – Valores de potássio (K) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades

Profundidades	Potássio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)		
	0,0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	(m).....		
0C+0G	0,17 a ⁽¹⁾	0,08 ab	0,06 a
0C+2G	0,16 a	0,05 b	0,03 a
0C+4G	0,15 a	0,08 ab	0,05 a
0C+8G	0,23 a	0,08 ab	0,04 a
3C+0G	0,27 a	0,08 ab	0,06 a
6C+0G	0,18 a	0,07 ab	0,06 a
3C+4G	0,24 a	0,11 a	0,07 a
F=	ns	*	ns
CV(%)	48,17	51,92	76,23

(1) Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; *= significativo; ns= não significativo. C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

Tabela 8 – Valores de enxofre (S) com a prática de gessagem e calagem em cana-de-açúcar em função das profundidades

Profundidades	Enxofre (cmol _c dm ⁻³)		
	0,0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
	(m).....		
0C+0G	0,60 d	0,48 c	0,99 b
0C+2G	7,62 abcd	7,69 bc	6,70 ab
0C+4G	11,92 a	12,73 ab	10,50 a
0C+8G	9,17 abc	6,12 bc	3,52 ab
3C+0G	1,69 cd	4,38 bc	7,74 ab
6C+0G	3,53 bcd	4,14 bc	3,48 ab
3C+4G	10,96 ab	17,28 a	7,92 ab
F=	*	*	*
CV(%)	73,39	80,99	79,51

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%; *= significativo; ns= não significativo. C= Calcário e G= Gesso (em Megagramas).

O gesso continha 15,48% de S conforme Tabela 10, o que promoveu uma diferença significativa na quantidade do elemento nas 3 camadas 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 m, como pode ser observado na Tabela 9.

Na camada superficial do solo (0-0,20 m), observa-se que o maior teor de S foi obtido quando se utilizou 4 Mg ha⁻¹ de gesso (0C + 4G), e que estatisticamente ele foi semelhante a todos os tratamento em que se utilizou o gesso agrícola no solo, pois na ausência da calagem e gessagem (0C+0G) e nos tratamento apenas com a prática de calagem, foram observados os menores valores desse elemento, mostrando assim que provavelmente esse dado é resultante da aplicação do gesso agrícola em superfície.

Na camada intermediária do solo, observa-se que a dose recomendada de gesso agrícola segundo o Boletim 100, (Raij et al.,1997), tanto no tratamento com ausência de

calagem (0C+4G) e (3C + 4G) foram estatisticamente superiores e semelhantes quanto aos teores de S no solo.

Na camada mais profunda (0,40-0,60 m), houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, (0C+0G) e (0C+4G), sendo respectivamente, o menor (0,99 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e maior (10,50 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) valor obtido para o S.

Na profundidade 0,40-0,60 m diferiram entre si os tratamentos 0C+0G e 0C+4G, embora os mesmos foram semelhantes estatisticamente aos demais. Mesmo acrescentando 100% acima da dose recomendada de gesso, não houve diferença estatística entre a dose recomendada e a dose dobrada (100% a mais), podendo ser a alta pluviosidade no ciclo experimental ser um dos fatores de não haver diferença devido ao carreamento superficial.

A prática da calagem associada a gessagem foram eficientes em disponibilizar e/ou fornecer enxofre no solo, pois a ausência desses manejos (0C+0G), sempre houve um aumento considerável no teor do elemento, principalmente nas camadas superficiais e intermediárias do solo, onde os insumos associados determinaram a maior quantidade do elemento, discordando de Soratto; Cruciol (2005), que observaram que a calagem influenciou de forma pouco expressiva os teores de sulfato (S-SO_4^{2+}) no perfil do solo, em Latossolo Vermelho distroférico aplicados superficialmente em sistema de plantio direto.

Tabela 9 - Análise química do gesso agrícola. ESALQ. N° 3707.1-N - O.S.: 2366.

Determinações	Unidades
	%
Oxido de cálcio (CaO)	20,40
Umidade	25,42
Enxofre (S)	15,48

4.4 CONCLUSÃO

- A baixa resposta, para a maioria dos parâmetros avaliados nas 3 profundidades amostradas, resultantes da aplicação de calcário e gesso agrícola, podem estar associados a não incorporação dos produtos ao solo.
- Pesquisas com e sem incorporação desses corretivos e com maior tempo de reação no solo, são recomendadas.

5 REFERÊNCIAS

ABIB- Associação Brasileira Biomassa e Energia Renovável – Bio pellets bagaço de cana. Disponível em: <http://pt.calameo.com/read/000200968ac632209f322> . Acessado em: 16/01/2018.

ANDRADE, L.A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2.ed. rev. e amp. Lavras: Ufl a, p.25-67, 2006.

ALVA, A.K.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **An evolution of aluminum indices to predict aluminum toxicity to plants grown in nutrient solutions**. Communication Soil Science Plant Analyse, New York, v.17, p.1271-1280, 1986.

ALVA, A.K.; GASCHO, G.J. **Differential leaching of cations and sulfate in gypsum amended soils**. Communication Soil Science Plant Analyse, New York, v.22, p.1195-1206, 1991.

ALVAREZ, VENEGAS.; NOVAIS. V. H.; BARROS. R. F.; N. F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25 – 36, 1999.

ARAÚJO L. G. **Uso do gesso e sua influência na produção de cana-de-açúcar, atributos químicos e estoque de carbono no solo de cerrado**. 2015. 100f. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília. DF, 2015.

BEAUCLAIR, E. G. F. Conceitos Gerais em cana de açúcar. Depto. Produção vegetal – ESALQ / USP. 2016. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1963847/mod_resource/content/1/bot%C3%A2nica%20e%20fenologia%202016.pdf . Acessado em 11/01/2018.

BLUM, S. C.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F. **Sulfur forms in organic substrates affecting S mineralization in soil.** *Geoderma*, v. 200-201, p. 156-164, 2013.

CAHN, M. D.; BOULDIN D. R.; CRAVO, M. S. **Amelioration of subsoil acidity in an Oxisoil of the humid tropics.** *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 15, p. 153 – 159, 1993.

CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO. **Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C. & BLUM, J. **Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso.** *Bragantia*, v. 60, p. 213-223, 2001.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. **Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. PADILHA, J.M. **Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAPUTO, M.M.; BEAUCLAIR. E.G.F.; SILVA, M.A.; PIEDADE, S.M.S. **Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação.** *Bragantia*, Campinas, v.67, n.1, p.15-23, 2008.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L.; SANTOS, D. M. M. dos. **Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar.** *Seminário: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B.van. **Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth.** *Plant Soil*, v. 192 p.37-48, 1997.

CARVALHO, J. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; PASSOS, M. **Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 43, p. 1-9, 2013.

CESAR, M. A. A.; SILVA, F. C. **A cana-de-açúcar de açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira**. Piracicaba: ESALQ, USP, 1993.108 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries Históricas Cana-de-açúcar Relativas às Safras 2005/06 a 2014/15 de Área Plantada, Produtividade, Produção, Açúcar, Etanol total, Etanol anidro e Etanol hidratado**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 20 de outubro, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Monitoramento agrícola – Cana-de-açúcar**. Primeiro Levantamento, Brasília, DF. V.1, p. 1-57, 2017.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. di A.; Consecana, Paraná: **Manual de Instruções** – 3.ed. - Curitiba : FAEP/SIALPAR/SIAPAR . 3ª ed. 118 p. 2012.

CURI, N., coord. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 90p. 1993.

DIAS, L. E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Concórdia: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA; Centro Nacional de Pesquisa de Biologia – CNPBS, 6p. 1992.

DIAS, F.L.F.; ROSSETO, R. **Calagem e adubação da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V. et al. (org). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: SP, p.107-119, 2006.

DOS SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. **Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado**.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 6, n.1, p. 12 - 16, 2002.

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral – **Calcário Agrícola**. Disponível em : < <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-1-2013-calcario-agricola>> Acessado em: 23 de janeiro de 2018.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EMBRAPA. **ÁRVORE DO CONHECIMENTO – Variedades de Cana-de-açúcar**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html . Acesso em: 07 novembro de 2016

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. **Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.58, n.4, p.825-831, 2001.

FARINA, M.P.W.; CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. II. **Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties**. Soil Science Society American Journal, Madison, v. 52 p.175-180, 1988.

FERNANDES, M. B.; FREIRE, F. J.; COSTA, F. G. B. **Gesso mineral como fonte de enxofre para cana-de-açúcar**. Revista Caatinga, v. 20, n. 4, p. 101-109, 2007.

FERRAZ, R. L. S.; BARBOSA, M. A.; FRANCO, F. O.; BATISTA, J. L.; SANTOS D. M. **Gessagem em cana-de-açúcar efeitos no solo e produção**. INTESA – Informativo Técnico do Semiárido – Pombal, PB, v.9, n 2, p. 70 -79, 2015.

FESCH, C.; LEHMAN, P.; HADERLEIN, S.B.; HINZ, C.; SCHARZENBACH R.P.; FLUHLER, H. **Effect of water content on solute transport in a porous medium containing reactive micro-aggregates**. Journal Contaminant Hydrology, v. 33 p. 211-230, 1998.

GEOGRAFOS, Andirá, Paraná - PR. **Coordenadas Geográficas. Latitude, Longitude, Altitude e Área.** Disponível em: < <http://www.geografos.com.br/cidades-parana/andira.php> >
Acesso em: 07 novembro de 2016.

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

GTCA Grupo Técnico de Consultoria e Apoio. **Composição química da cana-de-açúcar.** Disponível em: www.gtca.com.br. Acesso em: 04 outubro de 2016.

IAPAR. **Médias históricas em estações do IAPAR.** Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Bandeirantes.htm>.
Acesso em: 04 novembro de 2016.

INTERNACIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Simpósio sobre Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes (2009: Piracicaba, SP).** Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes; v. 2 anais. Edição de Luís Ignácio Prochnow, Valter Casarin e Silvia Regina Stipp. Piracicaba, SP: IPNI – Brasil, p. 362. 2010.

JACOBSEN, O.H.; MOLDRUP, P.; LARSEN, C.; KONNEROUP, L.; PETERSEN, L.W. **Particle transport in macroporous of undisturbed soil columns.** Journal Hydrology, v. 196 p. 185-203, 1997.

JENSEN, M.B.; JORGENSEN, P.R.; HASEN, H.C.B.; NIELSEN, N.E. **Biopore mediated transport of dissolved orthophosphate.** Journal Environmental Quality, v. 27 p. 1130-1137, 1998.

KIRKBY, C.A.; SMYTHE, L.J.; COX, J.W.; CHITTLEBOROUGH, D.J. **Phosphorous movement down toposequence from a landscape with texture contrast soils.** Australian Journal Soil Research, v. 35 p. 399-417, 1997.

KOCHIAN, L.V. **Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants.** Annual Review Plant Physiology Plant Molecular, v.46, p.237-260, 1995.

LEE, J.; MUDGE, K.W. **Water deficit affects plant and soil water status, plant growth, and ginsenoside contents in American ginseng.** Horticulture, Environment, and Biotechnology, Jangan-Gu, v.54, n.6, p.475-483, 2013.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V. dos; ALVES, G. da S.; CAVALCANTE, I. H. L. **Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola.** Irriga, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007.

LEMES, G. de C.; CHAVES, U.; LIMA, W. P. de; PEREIRA, W. **Aplicação de calcário e gesso para correção de solos de Cerrado para o cultivo da cana-de-açúcar.** Cognitio/ Pós-Graduação UNILINS, n.1, 2010.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de textos, 178 p. 2002.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G. & SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: Anda, 110p. 2004.

LORENZETTI, J.M.; RODRIGUES, J.C.; MORALES, S.H.; DEMATTÉ, J.L.I. **Uso de calcário e gesso em soqueira de cana-de-açúcar.** STAB, Piracicaba, v.10, p.14-18, 1992.

MAIA, A. B.; CAMPELO, E.A.P. **Tecnologia da cachaça de alambique.** Sebrae/MG; SindBebidas. Belo Horizonte. 129p. 2006

MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A.; NOGUEIRA, T. A. R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOGUEIRA, G. de A.; BERNARDI, J. H. **Tecnologia na agroindústria canavieira.** Jaboticabal: FCAV, 219p. 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2ª ed. London: Academic Press, p. 887, 1995.

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto.** Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 56 f. 2009.

MATIELLO, J. B., GARCIA A. W. R., ALMEIDA, S. R. **Adubação racional na lavoura cafeeira**. Varginha: Bom Pastor, 2008. 114p.

MEDINA, C. C.; ROBAINA JÚNIOR, R. A. H.; NEVES, C. S. V. J.; BRINHOLI, O. **Sistema radicular de cana-de-açúcar submetida a doses de gesso, calcário e vinhaça**. Semina: Ciências Agrárias, v. 21, n. 1, p. 71-75, 2000.

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

MUPANGWA, W. T.; TAGWIRA, F. **Groundnut yield response to single superphosphate, calcitic lime and gypsum on acid granitic sandy soil**. Nutrient Cycling in Agroecosystems. n.73, p.161–169, 2005

NATALE, W.; PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. **Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 31, p.1475-1485, 2007.

NEIS, L. et al. **Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NUTRION, FAQ Gesso: Disponível em: http://www.nutrion.com.br/Nutrion_FAQGesso.asp. Acesso em 31 de outubro de 2016.

OLIVEIRA, F.M.C.; BORGES, L.E.P.; MELO, E.B.de; BARROS, M.L.S.C. **Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe**. HOLOS, Natal, v.5, p.71-82, 2012.

OLMOS, I.R.; CAMARGO, M.N. **Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição**. Ciência e Cultura, Rio de Janeiro, v.28, n.2, p.171-180, 1976.

ORTOLAN, M.C. de A.; MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; JUNIOR, L.C.T.; NOGUEIRA, G.A. VALE, D.W. **Perspectivas para o setor sucroalcooleiro**. Tópicos em tecnologia sucroalcooleira. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, p. 7-16. 2006.

PADILLA, I.Y.; JIM YEH, T.C.; CONKLIN, M.H. **The effect of water content on solute Otransport in unsaturated porous media**. Water Resource Research, v. 35 p. 3303-3313, 1999.

PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar – Utilização e cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, v.1-2. 856p. 1987.

PAVAN, M.A. **Toxicity of Al (III) to coffee (Coffea arabica L.) in nutrient solution culture and in Oxisols and Ultisols amended with CaCO₃ and CaSO₄.2H₂O**. Tese de Doutorado. Universidade da California. Riverside p.214, 1981.

PLANALSUCAR. **Cultura da cana-de-açúca**. Manual de Orientação 56p. Piracicaba-SP. 1986.

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

RAGASSI, C.F. **Efeito da localização de nutrientes em profundidade para o crescimento radicular**. Universidade de São Paulo. Paces. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.paces.com.br/relatorio_arquivo.html>. Acesso em: 31 de outubro de 2016.

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

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Ed. 2, Campinas, SP: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 285p. 1997.

RAIJ, B. V; **Gesso na agricultura**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2008. 233p.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F. **Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em Latossolo Vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.34, n.4, p.1623-1638, 2013.

RAMOS, B.Z.; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M.D.; SERAFIM, M.E.; BASTOS, A.R.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. **Gypsum applications to coffe: influence on calcium, magnesium and potassium contents and pH of the solution of a dystrophic Red Latosol**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.37, n.4, p.1018-1026, 2013.

RHEIN, A. F. de L. SANTOS, D. M. M. dos; CARLIN, S. D. **Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob os estresses hídrico e ácido no solo**. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011.

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; OLIVEIRA, O.C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. **Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil**. Plant Soil, 281:339-351p. 2006.

REID, D.A. **Genetic potential for solving problems of soil mineral stress: aluminium and manganese toxicities in the cereal grains**. In: Wright, M.J. (Ed.). Plant adaptation to mineral stress in problems soils. Beltsville; Maryland: [s.n.], p.55-64. 1976.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 302 p. 2004

RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. **Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savannah oxisol**. Agronomy Journal, Madison, v.72, n.1, 40-44p. 1980.

ROCHA, A. T. **Gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e Implicações na produtividade agrícola e industrial**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, p.69, 2007.

ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, A. C.; RODRIGUES, A. N.; LIRA JUNIOR, M. A.; FREIRE, F. **J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.3, n.4, p. 307-312, 2008.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica.** Bragantia, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004.

SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. de. **Rochas e Minerais Industriais** – CETEM. 2º ed. p. 365. 2008.

SCHIPTALO, M.J.; DICK, W.E.; EDWARDS, W.M. **Conservation tillage and macropore factors that water and the fate of chemicals.** Soil Tillage Research v. 53p. 167-183, 2000.

SERAFIM, M.E., DE LIMA, J.M., LIMA, V.M.P., ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. **Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gipsítico sob doses de gesso.** Bragantia, Campinas, v.71, n.1, p.75-81, 2012.

SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI-NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. **Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes e no crescimento do algodoeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, Viçosa, 1998.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço da cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos. V.2, p. 27-32, 2007.

SILVA, F. C. da. **Manual de Análises Químicas de Solo Plantas e Fertilizantes.** EMBRAPA, 2ª ed. revista e ampliada. 630p. 2009.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. **Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, 675-688 p., 2008.

SOUSA, D. M.; LOBATO, E. Cerrado: **Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 416p. 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Circular Técnica Embrapa Cerrados, Brasília, v. 32, 19p. 2005.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de & OLIVEIRA, S. A. de. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. (Eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: 47 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.205-274. 2007.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T.A. **Manejo da fertilidade do solo para culturas anuais: experiências no cerrado**. Informações Agronômicas, IPNI, Piracicaba, n.126, p.1-7, 2009.

STAUT, L.A. **Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar**. 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/CanaSolo/index.htm>. Acesso em: 25/1/2018

TRENTA FILHO, A.J. **Produção de cana-de-açúcar e qualidade da cachaça em Morretes, PR**. 2008. 91f. Dissertação (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

UNICA. **Histórico de área**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5&acao=visualizar&idTabela=1522&produto=%C3%81rea+Plantada&anoIni=2012&anoFim=2012&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>. Acesso em 18 de junho de 2015.

UDOP. **A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais** – União dos produtores de bioenergia; Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>. Acesso em 23 de janeiro de 2018.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.L.I. **Resultados experimentais do uso de gesso na agricultura – cana-de-açúcar.** In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba, MG. Anais... Uberaba: Instituto Brasileiro do Fosfato, p. 191-224. 1992.

WATT, D.A., McCormick, A.J. & Cramer, M.D. Source and Sink Physiology. In P.H. Moore & F.C. Botha, F.C. (Eds.), **Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology.** Oxford: Willey Blackwell. p.483-520. 2014.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. **Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto.** Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.1, p.110-117, 2007.

6 GLOSSÁRIO

AR- (Açúcares redutores): é a quantidade de glicose e de frutose presentes na cana, que afetam diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica.

BRIX - é a porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura.

ATR - (Açúcares Redutores Totais): indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose).

POL - é a porcentagem em massa de sacarose aparente contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada.

FIBRAS - reflete na eficiência da extração da moenda, ou seja, quanto mais alta a fibra da cana, menor será a eficiência de extração

PUREZA - é determinada pela relação $POL/Brix \times 100$. Quanto maior a pureza da cana, melhor a qualidade da matéria-prima para se recuperar açúcar.

TCH – Toneladas de cana por hectare

M.O. – Matéria Orgânica

SB – Soma d bases

CTC – Capacidade de troca catiônica

V(%) – Saturação por bases

m(%) – Saturação por alumínio

pH - "potencial Hidrogeniônico", uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução.

Al – Alumínio

K – Potássio

Mg – Magnésio

Ca – Cálcio

S – Enxofre

T ha⁻¹ – Toneladas por hectare