



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**Tempo de decomposição de palha e contribuição da  
nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de  
vinhaça e gesso.**

**JULIANA MARIANO CARVALHO**

Ilha Solteira - SP  
Setembro - 2011

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

---

**Tempo de decomposição de palha e contribuição na  
nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de  
vinhaça e gesso.**

JULIANA MARIANO CARVALHO

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia.  
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP  
Setembro – 2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

Carvalho, Juliana Mariano.

C331t          Tempo de decomposição de palha e contribuição na nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de vinhaça e gesso / Juliana Mariano Carvalho. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2011 52f. : il. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2011.

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Solos - Fertilidade . 3. Palhada. 4. Alumínio. 5. "Litter Bag".

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Tempo de decomposição de palha e contribuição na nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de vinhaça e gesso

**AUTORA:** JULIANA MARIANO CARVALHO

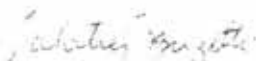
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. CARLOS SERGIO TIRITAN

Departamento de Solos / Universidade do Oeste Paulista

Data da realização: 01 de setembro de 2011.

## ***Dedico***

*Principalmente aos meus pais, João Batista Mariano Carvalho e a Claudinéia Regina Antunes de Carvalho, que sempre me apoiaram, dedicaram suas vidas para meu conforto, minha educação e por tudo que sempre fizeram para me verem feliz, por quem agradeço e lhes devo tudo que sou.*

*À Santíssima trindade (Deus, Jesus Cristo e o Espírito Santo), pois me deram a vida e tantas qualidades.*

*Aos meus avôs, por todo o carinho e amor e porque me escutarem, ensinarem e aconselharem.*

*Com todo meu amor, Muito Obrigada!*

## **Agradeço**

*A Deus, por nos dar o direito de viver, pelas oportunidades que tem me concedido, pelas horas de desespero, quando não têm ninguém por perto ou ainda quando só esta divindade pode ajudar e socorrer nosso desespero.*

*Principalmente para meus pais, João Batista Mariano Carvalho e Claudinéia Regina Antunes de Carvalho, que continuam a fazer tanto por mim. Pelo amor, não importa de que forma, se em presentes, no sustento, como seus esforços de cada dia de trabalho e dedicação, também na forma que mais caro deveria se pagar: nos conselhos, no acolher e zelo, que nada pagamos, apenas por puro amor.*

*Aos meus avôs, Gersionília Mariana, Geraldo Ferreira e Lenice Sapatara, pelo amor, conselhos, carinhos que só deles recebemos que são cheios de sabedoria e paz, por me ouvirem e passarem o alívio que eu precisava nos momentos de indecisão e aflição.*

*Aos meus tios, Pedro Mariano Carvalho, Sônia Elias de Carvalho, Euzébia Mariano Rodrigues, Sidival Antunes Carvalho, Adriana Luzia Barbosa Carvalho, Cidinéia de Fátima de Carvalho Ramos, Vanderleia Antunes de Carvalho, Maurício Ramos.*

*Aos meus irmãos, Paula Carolina Mariano Carvalho e André Luis Mariano Carvalho, que estão dispostos a ajudar-me e por nossos bons momentos juntos em que compartilhamos e aprendemos a cada dia a nos adaptarmos as nossas diferenças e experiências.*

*Ao meu professor e orientador, Marcelo Andreotti, por tudo que me ensinou, pela sua determinação, profissionalismo, incentivo, durante todo período de mestrado, pela amizade que tivemos e que espero que dure por muito tempo.*

*Aos familiares e amigos, que de alguma forma, nos ajudam, seja com conselhos ou favores.*

*À Universidade estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Campus de Ilha Solteira-SP pela oportunidade e recursos para realizar este curso.*

*Aos departamentos de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-economia e o Departamento de Biologia e Zootecnia, pelos recursos e aos profissionais: João Batista Mariano Carvalho, Carlos Araújo, Marcelo e Sidival Antunes Carvalho, e aos funcionários da Coordenadoria da Pós-Graduação e Biblioteca pelo apoio e orientação.*

*A Usina vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar pela disponibilidade da área, apoio à pesquisa e pelos funcionários do Grupo Controle de Qualidade que ajudaram na implantação e coleta de dados: André Jolvino, José Alexandre, Bruno, "Tição", Edinho.*

*À fundação CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo incentivo financeiro.*

*Ao meu namorado,*

*Luís Otávio Bovolato, que me ajudou e apoiou para concretização deste trabalho.*

*Aos amigos Mariangela de Carvalho Bovolato e Luís Fernando Bovolato pela hospitalidade e confiança.*

*Aos professores, Morel de Passos de Carvalho, Enes Furlani Junior e Francisco Maximino Fernandes, pelas contribuições para concretização deste trabalho.*

*Aos meus amigos da pós-graduação, Adriana Avelino, Renata Moura da Silva, Claudinei Kappes, Márcia Helena Scabora, Ana Eliza da Silva Lima, Vinícius Gomes Tabet, pela amizade, companheirismo e apoio durante estes anos.*

CARVALHO, J. M. **Tempo de decomposição de palha e contribuição na nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de vinhaça e gesso**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

## RESUMO

A área de produção de cana-de-açúcar submetida à colheita sem despalha a fogo vem aumentando consideravelmente no Brasil. No sistema de colheita crua, as folhas secas, os ponteiros e as folhas verdes são cortados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta que pode modificar o ambiente em vários aspectos, tanto do solo como do ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o tempo de decomposição da palha e a contribuição desta na nutrição da cana-de-açúcar, as alterações na fertilidade do solo e na produtividade e qualidade tecnológica da cana soca (2º ciclo) em função da aplicação ou não de doses de vinhaça e gesso, em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média. O trabalho foi desenvolvido na Usina Vale do Paraná, Suzanópolis/SP, em um Latossolo vermelho Amarelo que foi caracterizado inicialmente quanto sua fertilidade nas profundidades de 0 - 0,20, 0,20 - 0,40 e 0,40 - 0,60 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 3, ou seja, com e sem a aplicação de gesso a lanço em cobertura (após a colheita da cana e sem incorporação na dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup>) e três doses de vinhaça (sem aplicação, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). A decomposição da palha foi avaliada pelo método do Litter Bag (0,16 m<sup>2</sup>), aos 30, 90, 180, 270 e 360 dias após a aplicação dos tratamentos. Com o objetivo de caracterizar o solo após a decomposição da palha da cana e aplicação dos tratamentos foram efetuados amostragens do solo para obtenção do levantamento da situação da sua fertilidade nas camadas de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m e 0,40 - 0,60 m aos 180 e 360 dias após a aplicação da vinhaça. No momento da colheita da cana-soca em outubro de 2010, foi colhida a área útil de cada parcela e avaliados os componentes da produção: produtividade de colmos (kg ha<sup>-1</sup>) e qualidade tecnológica da cana. O uso do gesso e da vinhaça na dose de 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> incrementaram os teores de Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub>, valores de SB e V% e reduziram os teores de Al<sup>3+</sup> e m%, nas camadas de 0 a 0,40 m e aumentaram o teor de S-SO<sub>4</sub> na camada de 0,40 a 0,60 m, 180 e 360 dias após aplicação dos tratamentos, respectivamente. A prática da gessagem e aplicação de vinhaça em cana-soca, variedade RB 86-7515 de 2º ciclo, não resultaram em aumento de produtividade de colmos ou qualidade tecnológica desta em Latossolo Vermelho Amarelo do Noroeste Paulista. Ao final de 360 dias após aplicação ou não de vinhaça e/ou gesso sobre a palhada de cana-soca houve a decomposição de 60% deste resíduo vegetal. Contudo, a liberação de nutrientes desta palhada não contribuiu para a nutrição da planta, produtividade de colmos e qualidade tecnológica da variedade RB 86-7515.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.* Fertilidade do solo. Palhada. Alumínio. “Litter bag”



CARVALHO, J. M. **The duration of straw decomposition and the contribution in the nutrition of the sugar-cane due to the application of vinasse and gypsum.** 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

### ABSTRACT

The production area of sugarcane subjected to non-firing straw harvesting is growing up substantially in Brazil. In the sugarcane harvest system without residue burning, dried leaves, stem tips, and green leaves are cut and are thrown over the surface of the soil, creating a straw mulch layer. The objective of the study was to evaluate the duration of straw decomposition and the contribution of its to the sugarcane nutrition, the changes on soil fertility, culms productivity and the sugar cane ratoon (2nd cycle) technological quality due to the use/application of vinasse and gypsum. The work was developed at the Vale do Paraná Mill, Suzanápolis, State of São Paulo, in a Yellow Red Oxisol, which soil had the fertility and (in deep of 0-0.20, 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m) initially evaluated. The experiment has used four replication in a randomized blocks design using a factorial scheme 2 x 3, in other words, with e without gypsum, without incorporation (1000 kg ha<sup>-1</sup>) and it has used 3 doses of vinasse (without application, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). The straw decomposition was evaluated by Litter Bag method (0.16 m<sup>2</sup>) during 30, 90, 180, 270 and 360 days after the treatment application (DAAV). Aiming to characterize the soil after the straw decomposed and of agricultural treatment application mentioned above, it has been done the soil fertility analysis at the same layers initially analyzed 180 days to 360 (DAAV). In the moment of sugar cane ratoon has harvested, in october 2010, it was evaluated the useful area of each plot and it was evaluated the components of the production: the production components of the number of culms, from which ones it has been determined the yield of culms per hectare (TCH) and the technological quality of sugar cane. The gypsum application and the vinasse, at the dosage of 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, increased the Ca, Mg and S-SO<sub>4</sub> content, the bases contents and bases saturation and reduced the leves of Al<sup>3+</sup>, in the layer depth of 0.20 to 0.40 m and reduced the content of S-SO<sub>4</sub> in the layer deep of 0.40 to 0.60 meters, after 180 to 360 days after the agricultural treatment applications. The usage of gypsum and the vinasse application, at RB 86-7515 sugar cane ratoon variety, did not result in an increase of culms productivity or an increase of technological quality of sugarcane ratoon in the São Paulos's Northwest Yellow Red Oxisol. However, the straw nutrients release didn't contribute to plant nutrition, culms productivity and technological quality for the RB 86-7515 variety. The sugarcane ratoon straw was 60% decomposed after 360 days the application or non-application of the vinasse and/or gypsum. However the release of nutrients this straw didn't contribution of the nutrition, culms productivity and technological quality in the variety RB86-7515.

**Key-words:** *Saccharrum spp.* Soul Fertilizer. Aluminum. Straw. "Litter bag".

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitação pluvial e temperatura de novembro de 2009 a outubro de 2010 obtidos junto à Usina Vale do Paraná, Suzanápolis-SP.	28
<b>Figura 2.</b> Matéria-seca acumulada da palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação do gesso. Suzanápolis, 2010.	41
<b>Figura 3.</b> Matéria-seca acumulada da palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	41
<b>Figura 4.</b> Conteúdo de N acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	42
<b>Figura 5.</b> Conteúdo de N acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	42
<b>Figura 6.</b> Conteúdo de P acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	43
<b>Figura 7.</b> Conteúdo de P acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	43
<b>Figura 8.</b> Conteúdo de Ca acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	44
<b>Figura 9.</b> Conteúdo de Ca acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	44
<b>Figura 10.</b> Conteúdo de Mg acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	45
<b>Figura 11.</b> Conteúdo de Mg acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.	45

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultado da análise química do solo após o corte da cana planta e antes da aplicação de gesso e vinhaça, nas camadas de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Suzanápolis-SP, 2009. 28
- Tabela 2.** Médias de teores de P-resina, M.O., valor de pH, teores de K, Ca, Mg, H+Al, Al, enxofre (SO<sub>4</sub>), SB, CTC, V % e saturação por alumínio (m %), probabilidade de F (10%) e coeficiente de variação (CV%), para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do Latossolo vermelho-amarelo, em cultivo de cana de segundo ciclo, com e sem gesso e doses de vinhaça, 180 dias após suas aplicações, Suzanápolis-SP (2010). 33
- Tabela 3.** Médias de teores de P, M.O., valor de pH, teores de K, Ca, Mg, H+Al, Al, S-SO<sub>4</sub>, SB, CTC, V % e m %, probabilidade de F (10%) e coeficiente de variação (CV%), para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do Latossolo vermelho-amarelo, em cultivo de cana de segundo ciclo, com e sem gesso e doses de vinhaça, 360 dias após suas aplicações, Suzanápolis-SP (2010). 36
- Tabela 4.** Médias dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub>, de folhas em cultivo de cana de segundo ciclo, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanápolis-SP (2010). 38
- Tabela 5.** Médias do número de colmos m<sup>-1</sup> (NCM), número de colmos ha<sup>-1</sup> (NCH), produtividade de colmos (TCH), teor de sólidos solúveis (BRIX), percentagens de pol do caldo (POL Caldo) e da cana (POL Cana), pureza (PUR), fibra (FIB), açúcares redutores (AR), açúcares recuperáveis totais (ART) e rendimento de açúcar/tonelada de cana (ATR) da cana-de-açúcar, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanápolis-SP (2010). 39
- Tabela 6.** Médias da Palha Remanescente (MS) e dos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub>, na palhada, em cultivo de cana de 2º ciclo, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanápolis-SP (2010). 40

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	<u>1010</u>
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	<u>1212</u>
2.1	Importância da cultura da cana-de-açúcar .....	<u>1212</u>
2.2	Gessagem em cana-de-açúcar.....	<u>1515</u>
2.3	Utilização da vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar .....	<u>1818</u>
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	<u>2222</u>
3.1	Histórico da área experimental.....	<u>2222</u>
3.2	Localização da área experimental.....	<u>2222</u>
3.3	Caracterização inicial do solo.....	<u>2323</u>
3.4	Delineamento e tratamentos utilizados.....	<u>2424</u>
3.5	Características da variedade RB86-7515.....	<u>2424</u>
3.6	Implantação e condução do experimento .....	<u>2524</u>
3.7	Avaliação nutricional da palha de cana-soca.....	<u>2625</u>
3.8	Caracterização do solo pesquisado após aplicação dos tratamentos .....	<u>2626</u>
3.9	Determinação dos teores nutricionais foliares, número de colmos, produtividade e qualidade/atributos industrial da cana-de-açúcar .....	<u>2626</u>
3.10	Análise estatística .....	<u>2726</u>
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	<u>2828</u>
4.1	Fertilidade do solo .....	<u>2828</u>
4.2	Teores foliares nutricionais, produtividade de colmos e qualidade tecnológica da cana-soca.....	<u>3333</u>
4.3	Decomposição da palhada de cana-soca.....	<u>3535</u>
5	CONCLUSÕES.....	<u>4344</u>
6	REFERÊNCIAS .....	<u>4445</u>

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a cultura que mais cresceu em área no país nos últimos anos, sendo estimado, desde a década de 1970, que a produtividade aumentou em média 4% ao ano (MARQUES, 2009).

A produtividade da safra 2010/11 foi estimada em 77.798 kg ha<sup>-1</sup> e uma produção de 625 milhões de toneladas, volume superior em 3,4% com relação à safra 2009/10. Deste total, foram produzidas 289 e 336 milhões de toneladas de açúcar e álcool, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2010).

A Região Centro-Sul é a mais produtiva do país, com 561 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processadas, que junto com a região Nordeste (63 milhões toneladas), representam 90% de toda produção nacional (CONAB, 2010).

O Estado de São Paulo merece destaque neste contexto, principalmente na região Noroeste no estado, em que a cultura vem se expandindo nas áreas anteriormente ocupadas por pastagens, com solos de baixa fertilidade e muitas vezes degradadas pelo sistema extensivo de cultivo (BORBAL; BAZZO, 2009).

A cultura é matéria-prima eficiente e versátil, tanto para a produção de etanol e açúcar, obtido a partir do caldo como para a bioeletricidade obtida da biomassa formada pelo bagaço (resíduo fibroso gerado através da extração do caldo) e palha (pontas e folhas) (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA-CTC, 2008).

O etanol produzido da cana-de-açúcar tornou-se a alternativa na redução do uso do petróleo e produz menos dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuindo para sustentabilidade do planeta e para a redução do aquecimento global (MARQUES, 2009).

Devido à preocupação com o aquecimento global, uma das providências do protocolo agroambiental do setor sucroalcooleiro, foi que, as usinas de cana-de-açúcar eliminassem gradativamente a colheita com despalha a fogo. Desta forma em 2002, segundo a lei Estadual

nº 11.241 a queima da cana, que deveria ser eliminada até 2021 para as áreas mecanizáveis e até 2031 para as áreas com declividade superior a 12% no Estado de São Paulo, foi renegociada e determinado que o fim da queima em áreas mecanizáveis será em 2014 e em áreas com declividade acima de 12% para 2017 (RIPOLLI; RIPOLLI, 2004).

Vários autores apostam no aumento da área de colheita crua no Estado de São Paulo, já que os produtores estão sendo estimulados pela legislação e pelo aumento na eficiência das colhedoras (TIMM, et al. 2002; VEIGA FILHO, 2002).

Nesta prática grande quantidade de palha é depositada no solo, que se torna reserva de nutrientes devido à decomposição da matéria orgânica (JENDIROBA, 2006). A presença desta palhada altera a dinâmica nutricional da planta e requer estudos quanto à aplicação de resíduos na adubação, de corretivos e outros insumos que tem a barreira físico-química desta palhada, assemelhando-se ao sistema plantio direto que dificulta a incorporação dos insumos ao solo.

Sabendo que, os solos da região noroeste Paulista são ácidos e apresentam toxidez por  $Al^{3+}$  e/ou deficiência de cálcio, restringindo o desenvolvimento das raízes em profundidade (RAIJ, 2008), o uso do gesso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) torna-se uma boa alternativa para melhorar a estrutura e a disponibilidade de nutrientes do solo nas camadas mais profundas, favorecendo o aumento da produtividade e longevidade do canavial, entretanto, com a presença de palha na superfície do solo, sua incorporação é dificultada.

Outra prática comum nos sistemas de produção da cana-de-açúcar é a aplicação de vinhaça no solo, que é fonte de K e que contém porcentagem apreciável de matéria orgânica e de outros elementos essenciais as plantas (OLIVEIRA et al., 1999). Essa vinhaça apresenta baixa relação C/N, podendo, portanto, contribuir para o aumento da velocidade de decomposição da palha remanescente de cortes anteriores, visto que sua relação C/N oscila de 80 a 100/1.

Com base no exposto, ou seja, em virtude da falta de informações a respeito do efeito da palha remanescente de cortes anteriores, principalmente em áreas na região Noroeste do estado de São Paulo, este trabalho objetivou avaliar o tempo de decomposição de palha e a contribuição desta na nutrição da cana-de-açúcar em função da aplicação de vinhaça e gesso, além das alterações na fertilidade do solo, produtividade de colmos, qualidade tecnológica em um ciclo de cana-soca.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é conhecida desde o período de colonização, mas foi em 1975 com a implantação do Programa Nacional do Álcool - Proálcool, que o país passou a liderar o mais importante programa de substituição de combustível fóssil por renovável (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008).

A partir de 2003 sua produção foi impulsionada pelo incentivo ao uso de álcool ou pela sua adição na gasolina (18% a 23%) e pelo aparecimento dos automóveis bicomustíveis. Também foi incrementado o interesse mundial pelo etanol como uma alternativa para a mitigação do Efeito Estufa (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2007).

O etanol produzido da cana-de-açúcar tornou-se alternativa na redução do uso do petróleo e para redução da liberação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, contribuindo para sustentabilidade do planeta e para a redução do aquecimento global (MARQUES, 2009).

A produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros, dos quais se presume que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil representa 15 bilhões de litros deste total. Além do que, o país é o mais avançado, do ponto de vista tecnológico, na produção e no uso do etanol como combustível, seguido pelos EUA e, em menor escala, pela Argentina e Quênia. O álcool é utilizado em mistura com gasolina no Brasil, EUA, União Européia, México, Índia, Argentina, Colômbia e, mais recentemente, no Japão (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008).

O Brasil também é o maior produtor de açúcar, foram produzidos na safra 2008/09 38,7 milhões de toneladas (20% da produção mundial) seguido da Índia, China, Estados Unidos, Tailândia e México, sendo estes tanto maiores produtores como consumidores (CONAB, 2008).

A área plantada com cana-de-açúcar corresponde a 0,95% de todo o território nacional, com destaque para região Centro-Sul do Brasil que possui uma área plantada de 6.914 mil ha<sup>-1</sup>, além de ser a mais produtiva com 561 milhões toneladas, representando 85% da produção. Deste total são destinados, 251 e 310 milhões de toneladas, para produções de açúcar (34 milhões de toneladas) e álcool (26 bilhões de litros), respectivamente (CONAB, 2011).

O Estado de São Paulo produz cerca de 60% da cana do país, algo em torno de 280 milhões de toneladas, em uma área de 3,2 milhões de hectares, que representa 53% da área plantada no território nacional. Provenientes das 150 usinas instaladas no estado com produção de oito bilhões de litros de álcool por ano (TANACA; PEREIRA; PIGATTO, 2008).

O crescimento da cultura tanto agrícola como industrial ocorreu na região Noroeste do Estado, nas áreas anteriormente ocupadas por pastagens, com solos de baixa fertilidade e muitas vezes degradados pelo sistema extensivo de cultivo. Este fato advém da maior eficiência dos pecuaristas na criação de gado, assim utilizando menos áreas, para mesmo tamanho de rebanho, atrelado ao bom rendimento da cultura da cana-de-açúcar pago aos produtores (TORQUATO, 2006).

Devido à preocupação com o aquecimento global, no Estado São Paulo, as usinas e outros interessados do setor sucroalcooleiro, junto com o MAPA criaram um protocolo agro-ambiental para incentivar o uso da terra, assim como dos demais recursos naturais, de forma sustentável e consciente. Sendo uma das providências à antecipação da eliminação gradativa da colheita com despalha a fogo. Desta forma, a lei Estadual nº 11.241 de 2002, que previa a eliminação da queima da cana até 2021 para as áreas com declividade até 12% e para 2031 nas áreas com declividade superior a 12% foi antecipada para 2014 e 2017, respectivamente, adiantando o percentual de cana não queimada em 2010, de 10% para 30% e de 50% para 70%, respectivamente (SÃO PAULO, 2007).

A queima ainda continuará causando prejuízos no decorrer deste período como aqueles observados nos ecossistemas e na saúde da população, localizados próximos das áreas de queimada (RIBEIRO, 2008). Um estudo realizado no período de abril a dezembro de 2006, avaliando a área de cana com e sem queima no Estado de São Paulo, Aguiar, Rudorff e Shimabukuro (2009) obtiveram através de imagens de satélite, que a área-de-cana colhida sem queima é de 1.085.730 ha, correspondendo a 34,7% da área total colhida.

Esta modalidade de colheita gera uma grande quantidade de resíduos (palhada) que são depositados sobre o solo, sem que, entretanto, sua dinâmica seja plenamente conhecida,



uma vez que clima, quantidade de palha, teor de argila do solo, número de cortes, variedade de cultivo, práticas culturais e outros, alteram sua decomposição (TRIVELIN et al., 1995).

As vantagens da área colhida mecanicamente é a grande quantidade de palha depositada no solo, que se constitui em matéria orgânica devido à decomposição que retorna nutrientes para o solo (JENDIROBA, 2006). Nas regiões de clima tropical, trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a maior limitação, na manutenção de palha sobre o solo, é a rapidez ou não com que a massa vegetal se decompõe, em virtude do regime hídrico, das temperaturas locais e composição da palha (relação C/N) (LANDERS, 1995).

Resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa segundo Rosolem et al. (2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente, precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2003).

A matéria orgânica do solo (M.O.) nada mais é do que um material orgânico ou também chamado de resíduo vegetal com elevado grau de decomposição. Esta M.O. não é apenas uma fonte de nutrientes, ou seja, apresenta grande importância de natureza coloidal como condicionador do solo, agregando partículas minerais e conferindo ao solo condições favoráveis de porosidade e friabilidade. Além disso, ela aumenta a retenção de água em solos e é responsável, em grande parte, pela capacidade de troca de cátions nos solos tropicais (MALAVOLTA, 2006).

As quantidades de palha sobre o solo e a uniformidade de sua distribuição, podem servir de referência ou parâmetro para uma avaliação preliminar sobre as condições nas quais o sistema de colheita de cana-crua está se desenvolvendo. Em áreas agrícolas com cultivos anuais deve-se considerar que cerca de  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de resíduos sobre a superfície seja uma quantidade adequada para o sistema de plantio direto (SPD), com os quais se consegue uma boa cobertura do solo, entretanto, esta cobertura morta pode proporcionar efeitos positivos ou negativos no solo e no crescimento das plantas.

A camada que cobre a superfície do solo atua dissipando a energia cinética da chuva e impedindo o impacto direto das gotas sobre o solo. Atua, também, como obstáculo ao escoamento superficial da água e, conseqüentemente, impede o arrastamento de partículas de solo pela enxurrada, dessa forma minimizando ou eliminando a erosão (HECKLER; SALTON, 2002).

Para cana-de-açúcar, este valor proposto de resíduos por ano é facilmente atingido, pois segundo Gava et al. (2003) e Oliveira et al. (2003) valores variando de 10 a  $30 \text{ t ha}^{-1}$  de

massa seca da palhada têm sido facilmente encontrados nas regiões de produção da cana, incluindo cana-planta e cana-soca.

A palha protege a superfície do solo e, conseqüentemente, seus agregados da ação direta dos raios solares e do vento; diminui a taxa de evaporação, permitindo o aumento da infiltração e do armazenamento de água no solo e mantém a temperatura mais amena na camada mais superficial, reduzindo sua amplitude, e favorecendo o desenvolvimento da cana-planta e soca, além de organismos do solo (OLIVEIRA et al., 2003).

Quando não incorporada ao solo, a decomposição da palha de cana é lenta e gradativa, promovendo aumento da matéria orgânica (HECKLER et al., 1998).

Com o aumento desta, que é fonte de energia para os microorganismos, ocorre também aumento da atividade microbiana que, aliada à mineralização, disponibiliza nutrientes às plantas, induzindo acréscimos na produtividade da cultura. A palha muitas vezes, não atua de forma isolada, mas fazendo parte de complexos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no solo (HECKLER; SALTON, 2002).

Trabalho desenvolvido por Bayer et al. (2000) demonstrou que os sistemas de produção que tiveram maior aporte de palha, via culturas de cobertura com maior desenvolvimento vegetativo, resultaram em maiores teores de matéria orgânica do solo. Assim, o aumento dos teores de matéria orgânica do solo foi proporcional à quantidade de palha produzida e depositada sobre o mesmo.

## **2. 2 Gessagem em cana-de-açúcar**

Por ser uma gramínea semi-perene, a cana pode ficar no campo por vários anos (média de 4 a 7 anos nas áreas de produção das Usinas), sem muitas vezes receber manutenção de adubação e controle de acidez do solo adequada a cada safra, normalmente feitos só quando da reforma no canavial. Este fato não impede a necessidade de manutenção de sua fertilidade, pois com o passar dos anos os valores de pH vão diminuindo, levando a redução da CTC e saturação por bases do solo (ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2008).

Sabendo que cerca de 4 milhões de hectares no Estado de São Paulo são cultivados com a cultura, e que em parte ocupa muitos solo do Cerrado, que são originalmente ácidos, é necessária que esta acidez causada pela presença dos íons, alumínio e hidrogênio seja corrigida (RAIJ, 2008).

A verificação da acidez se dá pela análise do solo, que permite verificar a acidez ativa ( $H^+$ ) representada pelo valor do pH, e também a acidez potencial do solo ( $H^+ + Al^{+3}$ ), utilizadas como parâmetros de corretivos (DIAS; ROSSETTO, 2006).

Tendo em vista que a presença da palhada intacta melhora a estrutura do solo e que o alumínio em excesso, é responsável pela barreira química que impede o crescimento das raízes, existe a possibilidade de que, o gesso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), possa melhorar o ambiente em subsuperfície, sem a necessidade de incorporação tanto do sal quanto da palhada, como normalmente ocorre quando na utilização do calcário de menor solubilidade.

Existem vários resultados mostrando que o gesso agrícola, um subproduto da fabricação de ácido fosfórico, apresenta, em função de sua solubilidade, efeitos amplamente positivos no aumento do teor de cálcio e diminuição da toxidez por alumínio nas camadas subsuperficiais do solo, induzindo um maior aprofundamento do sistema radicular e maior produtividade e/ou longevidade das culturas (CARVALHO; RAIJ, 1997; OLIVEIRA; PAVAN, 1996).

A resposta ao uso do gesso em solos ácidos na redução do alumínio pode ser obtida, pela reação que ocorre com o  $SO_4^{2-}$  dissolvido na superfície do solo, pela adsorção deste composto (sulfato) nas superfícies de óxidos, ou seja, este penetra na estrutura da superfície da partícula mineral, onde supostamente forma uma ponte entre os átomos de metal, e como resultado libera  $OH^-$  que pode neutralizar o alumínio, e o cálcio ocupar o lugar da hidroxila, contrabalançando a carga negativa do solo (RAIJ, 2008).

Para os solos de Cerrado, há alta probabilidade de resposta à gessagem quando nas camadas subsuperficiais do solo a saturação por  $Al^{3+}$  for maior que 20% ou o teor de  $Ca^{2+}$  for menor que  $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A fórmula sugerida para a recomendação de gesso é: a dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) =  $6 \times \text{teor argila (g kg}^{-1}\text{)}$ , e sua aplicação pode ser feita a lanço sem incorporação, antes ou depois do calcário (SOUSA, 1998).

Muitos solos agrícolas brasileiros apresentam toxidez por alumínio e/ou deficiência de cálcio no subsolo que restringe o desenvolvimento normal de raízes em profundidade, a absorção de água e nutrientes, e como consequência, afeta negativamente a produtividade agrícola. No caso da cana-de-açúcar, um dos grandes objetivos é manter a fertilidade do solo para aumentar a vida útil do canavial, ou seja, maior número de cortes (socas), portanto, a gessagem aliada à presença de palhada pode atuar sobre tal característica de produção (ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2008).

A acidez do solo é um dos principais fatores capazes de reduzir o potencial produtivo dos solos tropicais. Segundo Sousa e Lobato (2004), grande parte dos solos de cerrado

apresentam pH em H<sub>2</sub>O baixo (< 5,5), alta concentração de Al<sup>3+</sup> e baixos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, abrangendo a camada superficial (0-0,20 m) e subsuperficial (> 0,20 m). A correção de todo o perfil do solo se faz necessária para que o sistema radicular das culturas explore maior volume de solo, de modo que a planta absorva água e nutrientes para seu crescimento e desenvolvimento (NOLLA, 2004).

O calcário é o corretivo de acidez mais utilizado em solos tropicais, entretanto, para ser efetivo, requer alto volume de água para sua dissolução, devendo ser incorporado ao solo para uma maior eficácia, prática esta não usual em cultivo de cana-soca. Portanto o uso do gesso, com maior solubilidade pode alterar positivamente a fertilidade do solo num menor prazo, melhorando o ambiente radicular, sem a necessidade de incorporação (ALCARDE; RODELLA, 2003).

Sá (1993) e Amaral et al. (2004) constataram que, no sistema plantio direto, onde geralmente a aplicação de calcário é feita na superfície do solo, a ação efetiva do calcário ocorre na camada de 0-0,10 m, se não houver íons, como nitrato, ou moléculas orgânicas carreadoras, originadas de adubos verdes (PAVAN, 1994, 1998; FRANCHINI et al., 1999), razão pela qual o sistema radicular da maioria das culturas irá predominar apenas na camada superficial do solo (AMARAL et al., 2004). Isso pode ocasionar redução na produtividade das culturas, uma vez que nos solos de cerrado é freqüente a ocorrência de veranicos, os quais ocasionam baixa disponibilidade de água na camada superficial (0-0,20 m). Portanto, para a cultura da cana-de-açúcar, a melhoria do ambiente radicular requer correção em profundidade, se possível até pelo menos 0,40 m, região esta que concentra a maior quantidade de raízes responsáveis pela absorção de água e nutrientes (CASAGRANDE et al. 1991).

Por esse motivo, tem sido utilizado o gesso (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), produto condicionador de subsuperfície, que apresenta alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em solução e de ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por Al<sup>3+</sup> em profundidade (ALCARDE; RODELLA, 2003).

Morelli et al. (1992) em um experimento em Latossolo Vermelho Escuro álico, de textura média, durante quatro cortes, aplicaram as doses 0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup> tanto de gesso quanto de calcário, oito e 27 meses após o plantio, a lançar e incorporado com grade aradora, em que foram avaliadas as doses separadas e a melhor combinação entre elas sobre a fertilidade do solo e a produtividade da cana. Concluíram que tanto o calcário quanto o gesso proporcionaram aumento dos teores de cálcio e na saturação por bases, porém no tratamento com gesso, tanto o cálcio como o magnésio tiveram aumento gradativo da superfície até a camada de 1,0-1,25 m após o período de 180 dias, ocorrendo a lixiviação do Mg abaixo de

0,50 m de profundidade e que a associação do gesso e calcário, melhor contribuiu para distribuição de Ca e do Mg e conseqüentemente da V % no perfil do solo, inclusive com redução dos teores de alumínio trocáveis. No geral, a melhor combinação foi utilizar 4 e 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário e gesso, respectivamente.

Também Morelli et al. (1987) estudaram a resposta da aplicação de calcário e gesso e da associação de ambos nas propriedades químicas do solo e na produtividade da cana-de-açúcar, aos 8 e 16 meses, em um solo arenoso de textura média, distrófico e álico, com sérios problemas de enraizamento e níveis muito baixos de fósforo. Foram testados 7 tratamentos: T1) testemunha, T2) adubação com NPK, T3) NPK + calcário na dose recomendada (2,0 t ha<sup>-1</sup>), e para as mesmas quantidades de NPK entretanto, variando as concentrações de gesso (t ha<sup>-1</sup>); T4 - 1,4; T5 - 2,8; T6 - 5,6; e T7 (combinação ambos) - 1,4 + 1,0 t de gesso e calcário, respectivamente, sendo que variaram também, os modos de aplicação: no experimento A, a aplicação foi em área total e incorporado, no experimento B, não incorporado e no experimento C, no sulco de plantio. Para as propriedades química do solo, o calcário aumentou o pH e a saturação por bases (V%), e em superfície, e a aplicação de gesso, aumentou ligeiramente a V% até 0,75 m, com decréscimo na saturação por alumínio (m%) em profundidade. Os tratamentos com gesso, independente do modo de aplicação, proporcionaram a lixiviação de bases até os 18 meses de avaliação, principalmente no experimento C. A associação de ambos (gesso e calcário) teve a mesma contribuição para a fertilidade do solo quanto a V% na superfície e um decréscimo da m% em profundidade, combinação que resultou na melhor resposta em produtividade de colmos foi o plantio direto com gesso associado ou não ao calcário sem prévia incorporação.

### **2. 3 Utilização da vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar**

Estudando a fenologia da cultura da cana-de-açúcar, Segato et al. (2006), citaram que ela exige alta intensidade luminosa e temperaturas elevadas, necessitando também de grandes quantidades de água para suprir suas necessidades hídricas.

A vinhaça é o principal resíduo da fabricação do álcool, também conhecida como vinhoto, restilo, garapão ou calda de destilaria. Trata-se de um material que contém mais de 93% de água, considerável quantidade de potássio, mostrando ainda boa percentagem de matéria orgânica e quantidades apreciáveis de outros elementos essenciais à nutrição das plantas, como por exemplo: Ca, Mg, SO<sub>4</sub> (GLÓRIA, 1976).

Considerada um dos subprodutos da indústria sucroalcooleira, a vinhaça é originada da produção do álcool hidratado, onde a cada 1 litro produzido são originados em média valores entre 12 a 15 litros de vinhaça. Nas novas unidades industriais estes valores estão entre 10 a 12 litros de álcool, devido aos avanços tecnológicos dos equipamentos das indústrias (MARQUES, 2006). Assim, a vinhaça pode ser utilizada via fertirrigação, aplicada no solo para incrementar a produção de cana-de-açúcar.

Ferreira e Monteiro (1987) realizaram uma extensa revisão bibliográfica sobre os efeitos da vinhaça nas propriedades do solo e verificaram que a adição da vinhaça “*in natura*” nos solos é, sem dúvida, uma boa opção para o aproveitamento deste resíduo, visto que ele é um excelente fertilizante e proporciona inúmeros benefícios nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A viabilidade de sua utilização na agricultura foi demonstrada inicialmente por Almeida et al. (1952), os quais verificaram que com a aplicação de doses até 1.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> havia acréscimos no valor do pH do solo, contrariando as expectativas existentes na época. Constataram também, aumento da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), da disponibilidade de certos nutrientes (K), melhoria da estruturação do solo (formação de estruturas mais estáveis pela adição de matéria orgânica), aumento na retenção de água e no desenvolvimento da microflora e microfauna do solo.

Eventuais efeitos maléficos causados aos solos e/ou às plantas foram normalmente decorrentes de seu uso inadequado, isto é, doses excessivas ou aplicação em solos não apropriados. Por estas razões, para a aplicação racional de vinhaça, devem-se considerar; a sua composição básica, o estudo das condições do solo que a recebera e a cultura que será fertilizada (GLORIA, 1975).

A vinhaça deve receber atenção especial quanto à sua utilização, sendo o seu emprego como fertilizante em substituição total ou parcial dos adubos minerais, alternativa das mais viáveis para o seu uso (GLÓRIA, 1976). Esse efluente, por possuir elevada concentração de matéria orgânica, apresenta alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) o que, aliado ao baixo pH (3,5 a 4,5), caracteriza sua grande capacidade poluidora, fazendo com que fosse proibido seu lançamento em rios, córregos e lagos (TIBAU, 1978).

Compreendida a preocupação do descarte da vinhaça nos rios e demais afluentes, a COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESP gerou um plano para a aplicação da vinhaça no solo para o estado de São Paulo, que será acompanhado e assinado por um profissional devidamente habilitado pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) para fins de acompanhamento e

fiscalização. A dosagem a ser aplicada será calculada considerando a profundidade e a fertilidade do solo, a concentração de potássio na vinhaça e a extração média desse elemento pela cultura. Estes resultados devem ser obtidos pelas usinas de acordo com os procedimentos da CETESP. A análise de vinhaça pela usina deve conter os seguintes parâmetros: pH; resíduo não filtrável total; dureza; condutividade elétrica; N nitrato, N nitrito, N amoniacal, N Kjeldahl total; Na; Ca; K; Mg; SO<sub>4</sub>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; DBO e DQO, resultadas de duas amostragens realizadas no local de geração da vinhaça durante a safra anterior. A determinação do teor de K<sub>2</sub>O (kg m<sup>-3</sup>) será realizada semanalmente no local de armazenamento, enquanto que, para a caracterização da qualidade do solo, as amostras devem ser realizadas anteriormente a cada safra, na profundidade de 0,80 m, constando de três/quatro sub-amostras que serão homogeneizadas e por quarteamento retiradas 500 g para análise do solo em laboratórios integrados ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC (SÃO PAULO, 2007).

O calculo para determinação da  $\text{K}_2\text{O}$  é feito seguindo a fórmula, em m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup> =  $[(0,05 \times \text{CTC} - \text{K}_s) \times 3744 + 185] / \text{K}_{vi}$ , sendo que: 0,05 = 5% da CTC, a CTC = Capacidade de Troca Catiônica (cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> a pH 7,0); ks = concentração de K no solo (cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>) à profundidade de 0,80 metros; 3744 = constante para transformar os resultados da análise de fertilidade em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou meq100 cm<sup>-3</sup>, para kg de K em um volume de 1 ha por 0,80m de profundidade; 185 = kg de K<sub>2</sub>O extraído pela cultura por ha, por corte; kvi = concentração de K na vinhaça (kg de K<sub>2</sub>O m<sup>-3</sup>), onde a concentração máxima de K no solo não poderá exceder 5% da CTC. Quando esse limite for atingido, a aplicação de vinhaça ficará restrita à reposição desse nutriente em função da extração média pela cultura, que é de 185 kg de K<sub>2</sub>O por hectare por corte (SÃO PAULO, 2007).

Ao ser aplicada ao solo, a vinhaça provoca uma série de modificações nas suas características químicas e físicas, principalmente no pH, CTC, carbono orgânico, retenção de água, condutividade elétrica, porosidade, afetando também a população e a atividade de microorganismos (FONTES, 1987). Portanto, o comportamento deste resíduo aliado ao uso de gesso e/ou palhada de cana crua deve ser estudado, quanto às alterações na fertilidade do solo.

A aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar como fonte de nutrientes é muito comum no Brasil. Este resíduo do processo de fermentação do álcool consiste numa fonte de carbono solúvel, sendo o glicerol seu principal constituinte (RODELLA et al., 1983). Os trabalhos de Camargo et al. (1987) e Reis (1998) também demonstraram que a adição da vinhaça modifica temporariamente alguns atributos químicos e biológicos do solo (pH, o C orgânico, acidez trocável, quantidade e atividade da biomassa microbiana). Resultados semelhantes foram constatados por Martinez Cruz et al. (1987) e Minhoni e Cerri (1987), os

quais verificaram ainda, há interferência direta da vinhaça no comportamento de herbicidas no solo, tanto na sorção como na degradação (BOLLAG; LIU, 1990).

Santos et al. (1981) observaram que, para um período de incubação de 7 dias, doses de vinhaça equivalentes a  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  foram suficientes para elevar o pH do solo, enquanto que para 30 dias de incubação, o acréscimo nessa variável somente foi conseguida com doses superiores a  $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Sendo o potássio o íon dominante na composição da vinhaça, a aplicação de doses crescentes resulta em um aumento crescente de  $\text{K}^+$  na solução do solo, o que pode, em determinados casos, pelo aumento excessivo proporcionar desequilíbrios e conseqüentemente prejudicar a absorção de outros nutrientes, como exemplo o Ca e o Mg (GENTIL, 1978).

A vinhaça testada em três concentrações na cultura do milho, em trabalho de Berton et al. (1983), proporcionou a disponibilidade do potássio similar à do sulfato de potássio, em todas elas. Santos et al. (1981) observaram que a adição de potássio pela vinhaça, além de aumentar a suculência das plantas, elevou o pH em 0,9 unidades e aumentou a massa de raízes e parte aérea da planta.

O aproveitamento da vinhaça é necessário não só pela sua constituição orgânica e mineral, como também pela quantidade produzida, justificando as preocupações dos pesquisadores com as doses aplicadas e com seus reflexos nas culturas e nos solos (RIBEIRO; SENGIK, 1983).

Tasso et al. (2007) avaliando o efeito da aplicação de lodo de esgoto como fonte de N e de vinhaça como fonte de K, comparado ao uso de fontes minerais desses nutrientes sobre a produtividade e variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar, por dois anos consecutivos (cana-planta e cana-soca), em 3 tratamentos (lodo de esgoto + KCl; vinhaça + uréia; lodo de esgoto + vinhaça e uma testemunha com fertilização mineral), verificaram aumentos na produtividade em cana-soca, quando do uso do lodo de esgoto + KCl, entretanto, não diferindo da testemunha (fertilizante mineral) e do lodo de esgoto + vinhaça.



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Histórico da área experimental**

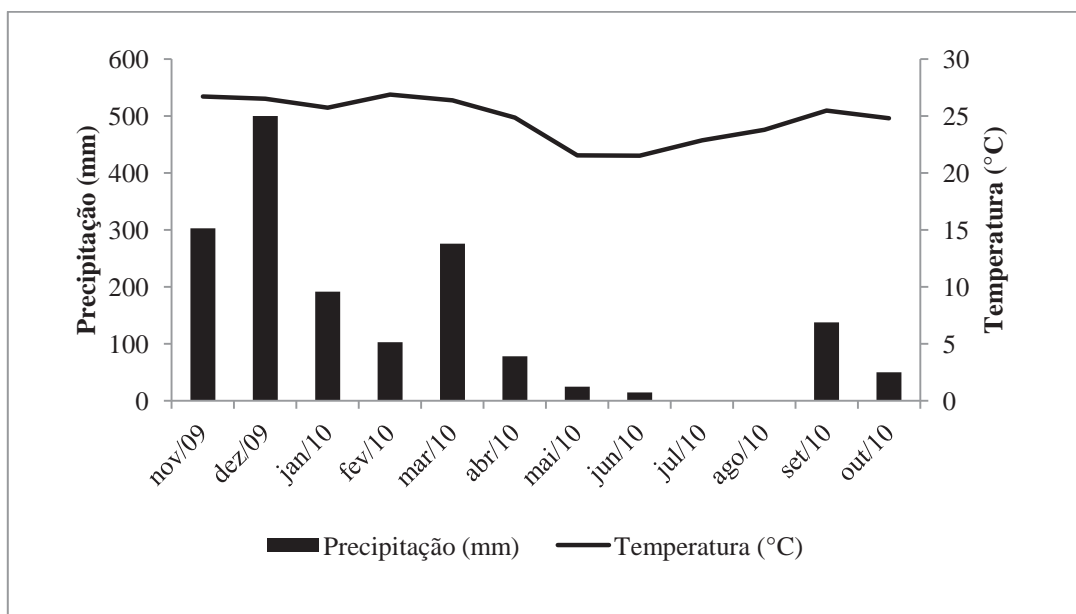
Antes do plantio da cana (março de 2008), a área encontrava-se com pastagem de braquiária em cultivo extensivo por mais de 20 anos. Após o arrendamento pela Usina Vale do Paraná, a área foi preparada conforme práticas agrícolas da própria Usina, onde foi plantada a cana-de-açúcar variedade RB86-7515, em espaçamento de 1,50 m entrelinhas.

#### **3.2 Localização da área experimental**

O experimento foi desenvolvido numa área arrendada pela Usina Vale do Paraná, localizada na estrada que liga Suzanópolis a Aparecida do Oeste, a 150 metros da vila de São Jorge, distrito de Suzanópolis-SP. Segundo dados fornecidos pela Usina as coordenadas geográficas da área experimental são: 20°32'26" de latitude Sul e 50°58'28" longitude Oeste, e com altitude de 360 m.

A pluviosidade e temperatura média anual da região são de 1217 mm e de 23,7 °C. O tipo climático é Aw, segundo caracterização internacional de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados de precipitação pluvial e temperatura durante o período de condução do experimento constam na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluvial e temperatura de novembro de 2009 a outubro de 2010. Úsina Vale do Paraná, Suzanápolis-SP.



**Fonte:** Dados obtidos pela usina Vale do Paraná junto a Coordenadoria de assistência técnica integral-CATI- Suzanápolis /SP.

### 3.3 Caracterização inicial do solo

O solo da área da pesquisa foi caracterizado segundo classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. Inicialmente no dia 19/09/2009, o solo foi caracterizado quanto à sua fertilidade e granulometria nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Para avaliação de sua fertilidade (Tabela 1), segundo a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983), foram efetuadas 20 amostragens simples, realizados com um trado de rosca em área total do talhão, nas profundidades anteriormente descritas. Em seguida as amostras foram homogeneizadas e separadas para a análise física e química do solo. Segundo os critérios estabelecidos por Raij et al. (1996), trata-se de solo com acidez elevada e baixa saturação por bases e teores de P e K muito baixos e baixo teor de enxofre ( $\text{SO}_4^{-2}$ ).

A análise granulométrica foi realizada segundo a metodologia da Embrapa (1997), onde foram obtidos os seguintes valores: em  $\text{g kg}^{-1}$ , 125, 53 e 822 na camada de 0-0,20 m; 139, 58

e 802, na camada de 0,20-0,40 m; 165, 60 e 774 na camada de 0,40-0,60 m, respectivamente para teores de argila, silte e areia.

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo após o corte da cana-planta e antes da aplicação de gesso e vinhaça, nas camadas de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. Suzanápolis-SP, 2009.

Profundidade (m)	P mg dm <sup>-3</sup>	MO g dm <sup>-3</sup>	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 0,01molL <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					V %	
							H+Al	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	S-SO <sub>4</sub>		
0 - 0,20	3	11	4,4	0,2	5	3	26	5	8,2	34,2	1	24	38
0,20 - 0,40	3	10	4,2	0,1	4	2	28	8	6,1	34,1	1	18	57
0,40 - 0,60	3	11	4,2	0,1	4	2	31	10	6,1	37,1	2	16	62

### 3.4 Delineamento e tratamentos utilizados

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 3, ou seja, com e sem a aplicação de gesso a lanço em cobertura, aplicado 90 dias após a colheita da cana (01/10/2009) e sem incorporação. Foram aplicados 1000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso (gerado da produção de ácido fosfórico) com dose ajustada no teor de argila do solo na camada de 0,20 a 0,40 m (139 g kg<sup>-1</sup>) (RAIJ et al.,1997) e aproximada para operacionalidade da Usina, e três doses de vinhaça: testemunha, sem aplicação; 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, aplicadas no dia 11/11/2009 (120 dias após a colheita). A não aplicação deste tratamento no dia da gessagem ocorreu devido ao excessivo volume de chuvas no período, que impossibilitou a entrada de maquinário na área.

### 3.5 Características da variedade RB86-7515

A variedade RB86-7515 é considerada rústica, com produtividade agrícola alta, maturação média-tardia, adaptabilidade ampla e boa estabilidade. Produz bem em ambientes B, C e D, ou seja, tolera solos fracos. A época de colheita vai de agosto a novembro, apresenta como características de qualidade agroindustrial: alto teor de açúcar, médio teor de fibra e tolerância a herbicidas, entretanto com baixo perfilhamento em cana-planta. Mesmo colhida sem queima, apresenta médio perfilhamento, média resistência a seca e alta densidade de

colmos, crescimento rápido e com alta produtividade agrícola. Contudo é suscetível às estrias vermelhas (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP, 2007).

### 3.6 Implantação e condução do experimento

Foi utilizada uma área comercial da Usina com cana-soca da variedade RB86-7515, cuja escolha se deu em função de sua adaptação e grande cultivo na região Noroeste de São Paulo. Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por quatro linhas de cana-de-açúcar em 15 m de comprimento, perfazendo 90 m<sup>2</sup>, espaçadas 1,50 m entre linha. Para avaliação, como parcela útil, foram utilizadas as duas linhas centrais, desprezando-se 1 m em cada extremidade.

Após a colheita mecanizada da cana-planta (06/07/2009), foi determinada a quantidade de palha remanescente sobre o solo pela coleta aleatória de 20 amostras, com quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup> de área (0,5 x 0,5 m), coleta realizada no dia 12/09/2009. Assim, com base na média das amostras de palha sobre o solo, quantidade proporcional foi acondicionada dentro de sacos de nylon (150g palha/saquinho) denominados “Litter Bags” de 0,16 m<sup>2</sup> (0,40 m de comprimento por 0,40 m de largura), sendo estes depositados em contato direto com o solo da respectiva parcela da área experimental. Aos 30, 90, 180, 270 e 360 dias após a instalação do experimento, um “Litter Bag” foi retirado de cada parcela, a fim de avaliar o remanescente de palha no interior do mesmo, para determinação do tempo de decomposição da massa seca durante um período de 360 dias. Para isso, foi retirada a massa fresca de dentro de cada “Litter Bag”, limpa em peneira e acondicionada em estufa a 65°C (até obtenção da massa constante), determinada a massa seca e realizada a análise nutricional.

A aplicação do gesso agrícola foi realizada no dia 01/10/2009, a lanço, sem incorporação, e no mesmo dia a área foi adubada com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 20-00-30, sendo 80 kg de N e 120 kg de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

A vinhaça utilizada foi obtida a partir da destilação do mosto resultante da fermentação do álcool, fornecido pela própria usina Vale do Paraná, onde foi feita uma análise química que apresentou 16,68 g L<sup>-1</sup> de resíduo seco, onde foram determinados os seguintes valores: 3,9 de pH em H<sub>2</sub>O e em g L<sup>-1</sup>, 6,88 de C, 4,29 de resíduo mineral, 0,73 de N, 0,13 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,8 de K<sub>2</sub>O, 0,32 de Ca, 0,15 de Mg, 0,29 de S, e 9/1 de relação C/N. A aplicação foi realizada no dia 11/11/2009, com auxílio de um aplicador motorizado com controle de vazão pressurizado, com correção da quantidade a ser aplicada pela vazão e área total de cada parcela.

### **3.7 Avaliação nutricional da palha de cana-soca**

No dia da colheita da cana, nas 20 amostras retiradas via quadrado de metal, foi retirada uma amostra composta na qual foi determinada os teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997). Também em cada amostra de palha contida nos “Litter Bags” por parcela, aos 60, 90, 180, 270 e 360 dias após a aplicação da vinhaça, foram determinados os teores de macronutrientes, para avaliação da disponibilização dos nutrientes da palha em função do tempo.

### **3.8 Caracterização do solo pesquisado após aplicação dos tratamentos**

Com o objetivo de caracterizar o solo (RAIJ; QUAGGIO, 1983) após a decomposição da palha da cana e aplicação dos tratamentos (gesso e vinhaça), foi efetuado um levantamento da situação de sua fertilidade na camada de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m aos 180 e 360 dias após a colheita da cana. Para tanto foram coletadas quatro amostras simples por camada e por parcela, utilizando-se um trado de rosca.

### **3.9 Determinação dos teores nutricionais foliares, número de colmos, produtividade e qualidade/atributos industrial da cana-de-açúcar**

Para avaliação do teor nutricional das folhas, foram coletadas as folhas + 1, primeira folha da haste com o “colarinho” visível, sendo retiradas 20 folhas por parcela, coletadas no dia 22/02/2009 (100 dias após aplicação dos tratamentos). As folhas foram cortadas, descartando-se as pontas e a base, tomando-se os 0,40 m da parte central, com exclusão da nervura, as quais foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar (65 °C), em média por 72 horas. Depois de seco, o material foi moído para análises dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S seguindo os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

A determinação do número de colmos foi realizada no dia 23/11/2010, sendo os colmos contados a cada 2 m das duas linhas centrais da parcela. Após a contagem estes foram cortados a uma altura de 0,05 m e pesados para determinação da produtividade (extrapolada para toneladas de colmos ha<sup>-1</sup>). Posteriormente foram separados 5 colmos/parcela para avaliação da qualidade industrial: Fibra, Brix, Pol do caldo, Pol da cana, Pureza, Ar cana (Açúcar Redutor), ART e ATR (Açúcar Total Recuperável), segundo metodologia descrita em

Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de S. Paulo- CONSECANA (2003).

### **3.10 Análises estatística**

Os resultados médios avaliados para os atributos da fertilidade do solo aos 180 e 360 dias após aplicação dos tratamentos, teores de nutrientes foliares, número de colmos, produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar em função dos tratamentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de Tukey a 10% de probabilidade ( $p < 10\%$ ). Para o tempo de decomposição da palha remanescente e teores nutricionais na palha foram avaliados por análise de regressão.

Todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa de computador SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 1999).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fertilidade do solo

Pela análise da Tabela 2 verifica-se que a aplicação do gesso melhorou a fertilidade do solo nas camadas de 0 a 0,20 m, aos 180 dias após a sua aplicação, porém o mesmo não ocorreu com a aplicação das doses de vinhaça. Pelo quadro de análise de variância não houve efeito de interação entre os tratamentos.

O efeito da gessagem neste período de avaliação, incrementou os teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , aumentando significativamente suas disponibilidades em  $5,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $2,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, na camada de 0 a 0,20 m e incrementou os valores de saturação por bases (V%) para teores próximos de 50%. Além de reduzir o  $\text{Al}^{3+}$  ( $1,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e portanto os valores de saturação por alumínio (m%) em 15%. Resultados semelhantes foram verificados por Morelli et al. (1987 e 1992) que, ao avaliarem o efeito do calcário e/ou gesso nas propriedades químicas do solo e na produtividade da cana-de-açúcar, em solos álicos, verificaram que o gesso proporcionou aumento no teor de  $\text{Ca}^{+2}$  em todo o perfil avaliado e provocou a lixiviação de bases, contribuindo com a fertilidade do solo tanto nos teores de bases trocáveis quanto a V%.

A redução dos teores de  $\text{Al}^{+3}$  ocorreu supostamente pela lixiviação do  $\text{SO}_4^{2-}$  no perfil, proporcionada pela formação do composto  $\text{AlSO}_4^+$  e pela liberação do  $\text{Al}^{+3}$  do perfil do solo para a solução do solo, formando o precipitado  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (Dias, 1992).

O efeito do gesso agrícola no aumento dos teores de  $\text{Mg}^{+2}$  na camada superficial também foi verificado por Saldanha et al. (2007), onde não ocorreu lixiviação considerável do  $\text{Mg}^{+2}$  nas maiores profundidades avaliadas.

**Tabela 2.** Médias de teores de P-resina, M.O., valor de pH, teores de K, Ca, Mg, H+Al, Al, enxofre (S-SO<sup>-2</sup><sub>4</sub>), SB, CTC, V % e saturação por alumínio (m %), probabilidade de F (10%) e coeficiente de variação (CV%), para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do Latossolo Vermelho-Amarelo, em cultivo de cana de segundo ciclo, com e sem gesso e doses de vinhaça, 180 dias após suas aplicações, Suzanópolis-SP (2010).

Fontes de variação	P-resina	M.O	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	Al <sup>+3</sup>	S-SO <sub>4</sub>	SB	CTC	V	m	
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol <sub>c</sub> L	(1)	(1)	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	(1)	(1)	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	(1)	(1)	%	
<b>0-0,20m</b>														
Gesso	Com	5,8	9,9	4,7	0,7	7,2	4,7	22,3	4,2	2,2	18,1	35,1	34,1	29,1
	Sem	5,9	9,8	5,1	0,3	12,0	7,1	20,6	2,4	2,7	19,9	40,5	47,2	14,1
DMS		0,44	0,61	0,49	0,35	5,35	2,64	4,15	2,20	0,98	12,17	7,22	12,5	14,79
<b>Vinhaça</b>														
0		5,6	9,6	4,9	0,3	8,0	4,8	20,5	3,9	2,3	21,4	33,5	36,8	27,1
100		5,9	9,7	4,9	0,6	9,6	5,9	21,9	3,8	3,0	19,5	41,4	43,5	22,5
200		6,1	10,1	4,9	0,6	11,9	7,0	22,0	2,3	2,2	16,1	38,5	41,6	15,1
DMS		0,69	0,94	0,77	0,54	8,28	4,10	6,44	3,5	1,5	18,9	11,71	19,4	22,95
C.V.		10,6	8,6	14,4	25,9	33,3	28,4	27,0	44,8	20,1	39,7	27,9	21,8	58,5
<b>0,20-0,40m</b>														
Gesso	Com	5,8	10,1	4,3b	0,5	5,2b	3,8	25,5	6,5	2,7b	9,5	35,0	26,8	42,5a
	Sem	5,9	9,5	4,7a	0,4	8,8a	5,6	22,3	4,5	5,4a	14,7	37,0	38,3	26,7b
DMS		0,25	0,42	0,30	0,08	3,56	2,37	3,83	3,15	2,21	5,86	3,63	11,87	19,61
<b>Vinhaça</b>														
0		5,8	9,6	4,3	0,3b	6,0	3,6	25,2	6,6	4,7	9,9	35,2	27,5	41,9
100		5,9	9,8	4,6	0,5a	9,0	5,6	22,0	4,9	3,5	15,1	37,1	38,1	29,0
200		6,0	10,0	4,6	0,5a	6,1	4,6	24,4	5,0	4,0	11,2	35,6	31,8	32,9
DMS		0,38	0,65	0,46	0,14	5,53	3,70	5,94	4,89	3,43	9,10	5,64	18,42	30,42
C.V.		5,9	6,0	9,2	28,2	30,6	32,3	22,4	42,0	29,4	30,8	14,1	26,2	49,6
<b>0,40-0,60m</b>														
Gesso	Com	5,8	9,7	4,2	0,4	2,0	3,1	28,8	8,5	3,2b	7,5	36,3	20,7	54,4
	Sem	5,4	9,3	4,4	0,4	2,4	3,8	26,3	6,9	6,4a	10,0	36,3	26,7	43,6
DMS		0,28	0,60	0,22	0,09	0,50	1,28	3,11	2,48	2,57	3,95	2,11	9,0	15,9
<b>Vinhaça</b>														
0		5,5	9,0	4,1b	0,3b	1,8b	2,5b	30,6a	10,4a	4,9	5,7b	36,3	15,8b	64,8a
100		5,6	9,8	4,5a	0,5a	2,8a	4,6a	24,4b	4,9b	3,5	13,1a	37,5	34,0a	30,8b
200		5,6	9,8	4,3ab	0,4ab	2,0ab	3,3ab	27,6ab	7,9ab	6,0	7,5ab	35,2	21,4ab	51,5ab
DMS		0,44	0,94	0,35	0,14	0,75	1,99	4,84	3,84	3,98	6,14	3,28	13,96	24,60
C.V.		7,1	8,9	7,3	7,1	31,0	22,3	15,8	26,4	25,5	27,7	8,1	26,1	30,0

<sup>(1)</sup> Dados transformados  $(x+0,5)^{0,5}$ .

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas ou sem letras, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.



Os teores de potássio, que pela análise inicial da fertilidade (Tabela 1) estavam abaixo do recomendado e que posteriormente, foram disponibilizados pela adubação 90kg de  $K_2O$  por  $ha^{-1}$ , com a aplicação do gesso foi reduzido e este comportamento continuou até as camadas mais profundas, possivelmente pela sua absorção pela planta e também por não ter sido fornecido a quantidade recomendada em cana-soca, que seria a dose de 130 kg  $ha^{-1}$  (RAIJ; CANTARELLA, 1996).

Este efeito ocasionado pela gessagem também ocorreu na camada 0,40 a 0,60 m, em que o teor de  $S-SO_4^{2-}$  foi significativamente maior nas parcelas com aplicação do gesso como se observa na Tabela 2.

As doses de vinhaça não proporcionaram diferença significativa para nenhuma das propriedades químicas do solo nas camadas de 0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m (Tabela 2), pelo provável excesso de chuvas que ocorreu no final do ano 2009 e início de 2010 (Figura 1). Exceto para o  $K^+$  que na dose de 100  $m^3 ha^{-1}$  houve ligeiro aumento deste elemento, não diferindo da maior dose (200  $m^3 ha^{-1}$ ). Este resultado foi comprovado pelos valores obtidos na camada de 0,40 a 0,60 m, onde para pH, teores de  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $H + Al$ ,  $Al^{+3}$ , V% e m%, as doses diferiram significativamente, sendo que com a aplicação de 100  $m^3 ha^{-1}$  houve a melhor a disponibilidade dos nutrientes catiônicos, mesmo não diferindo estatisticamente da dose de 200  $m^3 ha^{-1}$ . O mesmo ocorreu para os indicadores de acidez  $H+Al$  e  $Al^{+3}$  e m% com os menores valores obtidos com a dose de 100  $m^3 ha^{-1}$ , contribuindo para redução do  $Al^{+3}$  tóxico e m% elevado.

Nesta linha de pesquisa, os resultados corroboram com os citados por Glória e Orlando Filho (1983) que enumeraram os seguintes efeitos da vinhaça no solo: elevação do pH; aumento da disponibilidade de alguns íons ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ); aumento da capacidade de troca catiônica; aumento da capacidade de retenção de água e melhoria da estrutura física do solo, não deixando de se inferir também que, a vinhaça deve ser vista como agente do aumento da população e atividade microbiana no solo

Avaliando-se ainda a Tabela 2, os teores de Fósforo (P) foram muito baixos, devendo-se destacar que a amostragem do solo foi feita na entrelinha das parcelas, e as adubações residuais pouco influenciaram os resultados, pois o P é pouco móvel e além do mais a adubação fosfatada é realizada na linha de cultivo. Ressalta-se que a Usina não aplicou fósforo após a colheita da cana-planta da safra anterior ao presente trabalho como destacado no item material e métodos.

Comparando-se a análise inicial do solo (Tabela 1) com a fertilidade do solo após um ano (Tabela 3), pode-se verificar incremento dos teores de K, Ca e Mg, com aumento

concomitante da SB e CTC, e conseqüentemente da V% na camada de 0 a 0,20 m. Além de significativa redução da m% por efeito da gessagem, de 38 para 18%.

Após os 360 dias, antes do corte da cana-soca (2º ciclo), constatam-se na Tabela 3, que a fertilidade do solo não foi influenciada pelos tratamentos nas três camadas avaliadas, com exceção ao teor de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> na camada de 0,40 a 0,60 m que apresentou efeito significativo da gessagem.

Também nesta camada foi observada melhoria geral dos nutrientes, comparando o tratamento testemunha, neste mesmo período de avaliação (após 360 dias da instalação do experimento). Esse efeito da gessagem em profundidade na melhoria da fertilidade do solo é comum nos trabalhos com cana-de-açúcar, tanto em solos argilosos (MORELLI et al., 1992) quanto em solos arenosos (MORELLI et al., 1987), este semelhante ao solo do presente trabalho.

Para as doses de vinhaça todos os teores químicos tiveram melhores respostas quando foi aplicada a dose de 100 m<sup>3</sup> de vinhaça, merecendo destaque para: K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>, mesmo não apresentando resultados significativos tiveram ligeiros aumentos, principalmente o Ca<sup>+</sup> (aumentou 10,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), e para a CTC e V%, e reduziram Al e m%, no entanto, o K<sup>+</sup> com a dose de 200 m<sup>3</sup> melhor foi disponibilizado, justificado pela sua concentração de 2,8 g L<sup>-1</sup> na composição da vinhaça.

Esse efeito da gessagem em profundidade na melhoria da fertilidade do solo é comum nos trabalhos com cana de açúcar, tanto em solos argilosos (MORELLI et al., 1992) quanto em solos arenosos (MORELLI et al., 1987), semelhante ao solo do presente trabalho.

Na camada de 0,20 a 0,40 m, novamente pela textura arenosa e elevadas precipitações (Figura 1) no período de condução do trabalho, os tratamentos pouco influenciaram na fertilidade do solo (Tabela 3). A aplicação de vinhaça mesmo não apresentando resposta, os melhores valores de fertilidade foram observados na dose intermediária (100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), merecendo destaque o K, o Ca e o Mg. Contudo, mesmo não significativo para os demais atributos químicos do solo na camada de 0,40 a 0,60 m, cabe o destaque da gessagem no aumento dos teores de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, um ano após sua prática.

**Tabela 3.** Médias de teores de P, M.O., valor de pH, teores de K, Ca, Mg, H+Al, Al, S-SO<sub>4</sub>, SB, CTC, V % e m %, e coeficiente de variação (CV%), para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do Latossolo Vermelho-Amarelo, em 2º ciclo, com e sem gesso e doses de vinhaça, 360 dias após suas aplicações, Suzanópolis-SP (2010).

Fatores de variação	P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al <sup>+3</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	SB	CTC	V	m	
	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		
<b>0 -0,20 m</b>				(1)	(1)	(1)		(1)		(1)	(1)	(1)	(1)	
<b>Gesso</b>	<b>Sem</b>	3,7	11,3	4,1	0,6	11,3	6,8	21,2	4,8	2,0	18,8	39,9	37,4	30,1
	<b>Com</b>	3,9	11,2	4,4	1,2	12,5	6,0	22,9	3,0	3,0	19,0	42,3	44,2	17,7
DMS		0,4	1,1	1,8	2,6	15,5	7,6	6,9	3,4	1,1	22,9	20,8	19,8	21,5
<b>Vinhaça</b>														
<b>0</b>		4,0	11,5	4,3	0,5	8,0	4,3	23,1	4,1	3,0	13,0	36,1	31,1	24,9
<b>100</b>		3,9	11,3	5,0	0,8	18,1	9,9	21,6	3,0	3,0	28,5	50,7	48,9	16,6
<b>200</b>		3,6	11,1	4,4	1,3	9,6	5,0	21,4	4,4	3,0	15,2	36,5	37,4	30,1
DMS		0,5	1,6	2,5	2,6	22,1	10,9	9,9	4,9	1,5	32,7	29,8	28,3	30,6
C.V. (%)		8,2	8,3	34,3	42,9	38,1	37,4	26,0	36,8	30,2	37,2	17,1	19,7	45,9
<b>0,20-0,40 m</b>					(1)	(1)		(1)	(1)	(1)			(1)	
<b>Gesso</b>	<b>Sem</b>	3,6	9,7	4,1	0,3	4,8	3,0	27,7	8,75	3,4	8,2	35,8	22,7	52,5
	<b>Com</b>	3,6	9,4	4,2	0,4	5,4	3,3	27,7	9,17	4,7	9,1	36,8	25,0	53,6
DMS		0,6	1,7	0,5	0,2	4,5	3,1	2,3	5,0	2,8	7,6	5,8	19,1	28,9
<b>Vinhaça</b>														
<b>0</b>		3,4	9,0	4,1	0,4	4,5	2,9	28,1	9,5	5,2	7,7	35,9	21,8	55,9
<b>100</b>		3,6	10,3	4,3	0,4	6,9	3,9	21,1	7,7	3,5	11,1	38,2	29,5	44,9
<b>200</b>		3,7	9,4	4,5	0,3	4,0	2,7	27,7	9,6	3,4	7,1	34,8	20,4	58,4
DMS		0,9	2,4	0,7	0,2	6,5	4,5	13,5	7,1	3,9	10,8	8,3	27,2	41,1
C.V. (%)		14,1	15,0	9,9	8,3	30,8	32,7	29,1	27,6	23,6	31,5	13,7	31,8	30,6
<b>0,40-0,60 m</b>					(1)	(1)	(1)		(1)	(1)	(1)		(1)	
<b>Gesso</b>	<b>Sem</b>	3,0	7,2	4,0	0,3	4,1	2,0	24,9	9,9	5,3b	8,8	31,3	20,2	61,8
	<b>Com</b>	3,0	7,2	4,1	0,3	4,2	3,3	24,5	10,1	11,7a	7,8	32,3	24,3	57,3
DMS		0,7	0,9	0,3	0,1	3,3	2,3	6,2	4,2	5,7	8,1	5,6	14,6	24,9
<b>Vinhaça</b>														
<b>0</b>		3,0	7,1	4,0	0,3	3,1	2,4	24,5	9,9	7,9	6,7	31,2	21,6	59,5
<b>100</b>		3,0	7,4	4,3	0,3	5,2	3,2	22,2	9,1	8,3	8,7	31,0	27,7	53,1
<b>200</b>		3,0	7,0	4,0	0,3	4,0	2,4	27,4	11,0	9,3	9,5	33,0	17,3	66,1
DMS		0,7	1,2	0,4	0,1	4,7	3,3	8,8	5,9	8,1	11,5	7,9	20,8	35,3
C.V. (%)		13,0	10,4	6,2	30,0	37,4	29,4	21,4	35,6	29,7	37,4	14,9	25,3	35,5

<sup>(1)</sup> Dados transformados  $(x+0,5)^{0,5}$ .

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Os teores de  $\text{Al}^{3+}$  e concomitantemente da m% nas camadas mais profundas não tiveram efeito residual da gessagem, mesmo com efeito significativo no  $\text{S-SO}_4$ , demonstrando que poderia ter sido utilizada uma maior quantidade de gesso, ou até mesmo a mistura com calcário, pela textura extremamente arenosa das camadas superficiais do solo em questão. Além do mais, como foi empregada a adubação rotineira da Usina, esta pode não ter sido suficiente para melhoria da fertilidade deste solo, pela sua baixa CTC e teores de M.O. Assim, a prática de despalha e não queima dos resíduos de alta relação C/N podem vir a contribuir com a melhoria da fertilidade do solo ao longo dos demais ciclos produtivos da cana.

#### **4.2 Teores foliares nutricionais, produtividade de colmos e qualidade tecnológica da cana-soca**

Os teores foliares de N, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e S analisados em cana-soca, não foram influenciados pelos tratamentos, exceto para o teor de  $\text{Ca}^{+2}$ , que passou de 2,4 para 2,7  $\text{g kg}^{-1}$ , justificado pelo fornecimento deste elemento quando da aplicação do gesso (Tabela 4).

Os valores obtidos para as variáveis analisadas, quando da aplicação das doses de vinhaça, diferiram apenas no teor de  $\text{Mg}^{+2}$ , na dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , aumento de 0,80 para 0,99  $\text{g kg}^{-1}$ , entretanto na maior dose, a disponibilidade deste elemento foi reduzida/inibida e não diferiu da testemunha, devido ao provável efeito de inibição competitiva do  $\text{K}^+$  com o  $\text{Mg}^{+2}$  (MALAVOLTA et al., 1997). Para o teor de S, apesar de não apresentar diferença significativa entre os tratamentos, com a aplicação da vinhaça houve ligeiro incremento de 0,3  $\text{g kg}^{-1}$  nas folhas. Este elemento tem função metabólica nas plantas, as moléculas contendo enxofre ( $\text{SO}_4^-$ ) participam da estrutura de alguns aminoácidos, como: metionina, cistina e cisteína, além de participar de diversos processos metabólicos como ativador enzimática (MASCHNER, 1995; COLEMAN, 1996).

Comparando os resultados dos teores foliares do presente aos padrões adequados, segundo Malavolta et al. (1997), todos os teores nutricionais ficaram abaixo do adequado para cana-soca. Quando comparado com a análise da fertilidade inicial (Tabela1), o solo já estava com baixos teores dos nutrientes, reduzindo a disponibilidade para absorção pela cultura. Além do que, a textura arenosa e baixa CTC do solo e adubação padronizada da Usina ( $400 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado 80-0-120) podem ter contribuído para tais resultados.

**Tabela 4.** Médias dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub>, de folhas em cultivo de cana de segundo ciclo, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanópolis-SP (2010).

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg <sup>-1</sup> -----						
<b>Gesso</b>						
Sem	8,0	0,45	10,0	2,4 <b>b</b>	0,83	1,8
Com	8,9	0,49	10,0	2,7 <b>a</b>	0,88	1,9
DMS	0,89	0,06	1,4	0,35	0,11	0,22
<b>Vinhaça (m<sup>-3</sup>)</b>						
<b>0</b>	8,0	0,46	9,0	2,4	0,80 <b>b</b>	1,6
<b>100</b>	8,3	0,46	9,0	2,6	0,99 <b>a</b>	1,9
<b>200</b>	8,9	0,49	11,0	2,8	0,79 <b>b</b>	1,9
DMS	1,38	0,09	2,1	0,55	0,17	0,35
<b>C.V. (%)</b>	14,8	18,0	19,8	19,3	17,7	17,2

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade (P<0, 10).

Os parâmetros avaliados produtividade dos colmos e de qualidade tecnológica (Tabela 5), não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos, diferindo dos resultados dos trabalhos de Paulino et al. (2002) que estudaram em Latossolo Vermelho argiloso, o efeito de doses de vinhaça sobre a produção agrícola e industrial em cana de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> socas, e concluíram que a dose intermediária de 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a melhor, além reduzir os custos de produção, desgaste de máquinas e gasto com combustível. Ainda, segundo Silva et al. (1978), a aplicação de vinhaça pode influenciar a qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar, devendo-se ter prévio conhecimento da dose a ser aplicada. Como o solo da área de condução do trabalho é de textura muito arenosa nas camadas superficiais, com baixa fertilidade inicial (Tabela 1) atrelada à alta precipitação pluvial do período de desenvolvimento da cana-soca, tanto a prática da gessagem como do uso de vinhaça podem ter sido reduzidas pela intensa lixiviação de bases (Tabelas 2 e 3), daí o não efeito dos tratamentos na produtividade de colmos e qualidade tecnológica da cana-soca variedade RB 86-7515.

Cabe destaque, embora não significativo, o ATR, pois com a aplicação de 1 t ha<sup>-1</sup> de gesso houve incremento de 6 kg de açúcar por tonelada de colmos, que na média de produtividade é o parâmetro de pagamento de cana implantado no Estado de São Paulo

(FERNANDES, 2000), o que poderia acarretar numa melhor remuneração da matéria prima colhida.

**Tabela 5.** Médias do número de colmos  $m^{-1}$  (NCM), número de colmos  $ha^{-1}$  (NCH), produtividade de colmos (TCH), teor de sólidos solúveis (BRIX), percentagens de pol do caldo (POL Caldo) e da cana (POL Cana), pureza (PUR), fibra (FIB), açúcares redutores (AR), açúcares recuperáveis totais (ART) e rendimento de açúcar/tonelada de cana (ATR) da cana-de-açúcar, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanópolis-SP (2010).

Fontes de Variação	NCM	NCH	TCH	BRI X	POL Caldo	PUR	FIB	POL Cana	AR	ART	ATR
			t $ha^{-1}$					%			
<b>Gesso (<math>kg\ ha^{-1}</math>)</b>											
Sem	7,8	52.225	97,1	20,2	17,6	87,0	13,2	14,6	0,58	16,0	144
Com	7,7	51.392	98,3	20,7	18,3	88,3	13,0	15,2	0,58	15,7	150
DMS	1,2	7.900	18,6	1,1	1,6	4,2	0,8	0,8	0,01	2,7	12,7
<b>Vinhaça (<math>m^3</math>)</b>											
0	7,4	49.169	93,1	20,4	18,3	87,5	13,0	15,1	0,58	16,5	149
100	7,9	52.920	103,8	20,1	17,4	86,5	13,0	14,5	0,58	15,8	143
200	8,0	53.336	96,1	20,7	18,1	88,9	13,3	15,1	0,58	15,3	149
DMS	1,8	12.258	28,9	1,5	2,3	5,9	0,8	1,2	0,01	3,8	18,1
C.V. (%)	21,3	21,3	26,6	4,4	7,3	3,9	5,3	7,4	1,3	13,9	7,1

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade ( $P < 0,10$ ).

### 4.3 Decomposição da palhada de cana-soca

Na tabela 6 constam as médias de palhada remanescente sobre o solo e conteúdos de macronutrientes nesta durante o 2º ciclo de cultivo da cana em função dos tratamentos. Verifica-se que não houve efeito da gessagem, uma vez que mesmo aplicando-se o insumo sobre a palhada do cultivo anterior, este pode ter sido lavado por ação das chuvas do período de cultivo, não alterando os teores de nutrientes destes resíduos vegetais. Por efeito da vinhaça, o que se verifica é um incremento dos conteúdos de N, K e Ca, independentemente da dose, uma vez que a vinhaça contém certa quantidade de nutrientes e estes aparentemente permaneceram nos resíduos vegetais do cultivo anterior e aumentando seus conteúdos

nutricionais. Cabe salientar que embora com essa melhoria nutricional na palhada, não houve efeito sobre a produtividade de colmos e qualidade industrial da cana (Tabela 5).

**Tabela 6.** Matéria-seca da Palha Remanescente (MS) e dos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na palhada, em cultivo de cana de 2º ciclo, após aplicação dos tratamentos, com e sem gesso e doses de vinhaça, Suzanópolis-SP (2010).

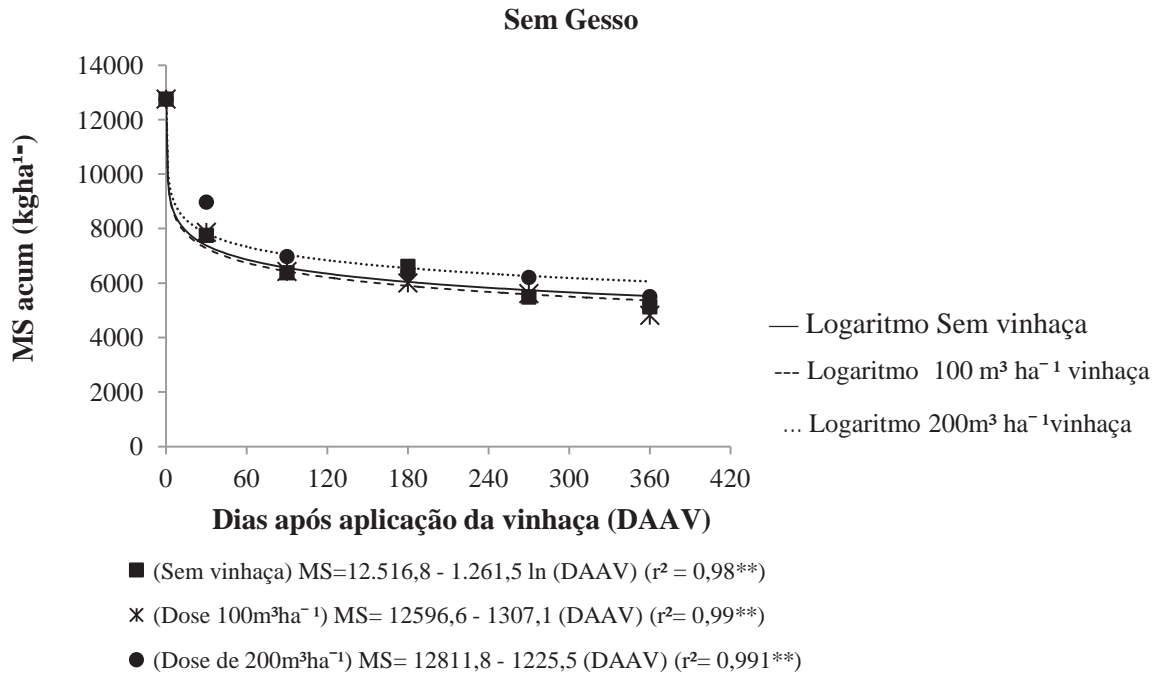
Tratamentos	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg ha <sup>-1</sup> -----							
<b>Gesso (kg ha<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Sem</b>	7407	50,5	4,0	4,4	18,9	6,4	13,2
<b>Com</b>	7343	51,9	4,1	4,5	21,2	6,4	13,4
<b>DMS (%)</b>	144	1,49	0,2	0,35	1,84	0,74	0,67
<b>Vinhaça (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>							
	**	**		**	**		
<b>0</b>	7237 <b>b</b>	49,0 <b>b</b>	3,9	4,1 <b>b</b>	17,3 <b>b</b>	6,1	12,9
<b>100</b>	7234 <b>b</b>	51,9 <b>a</b>	4,2	4,4 <b>ab</b>	22,3 <b>a</b>	6,5	13,3
<b>200</b>	7734 <b>a</b>	52,8 <b>a</b>	4,1	4,8 <b>a</b>	20,7 <b>a</b>	6,6	13,8
<b>DMS (%)</b>	222,6	2,29	0,30	0,53	2,82	0,71	1,03
<b>C.V. (%)</b>	7,03	10,55	17,52	28,10	33,11	26,30	18,28
<b>Época</b>							
	**	**	**	<b>n.s</b>	**	**	<b>n.s</b>
<b>0</b>	12750	63,4	6,4	6,4	28,9	10,2	16,6
<b>30</b>	8146	51,4	4,0	3,7	25,8	7,4	9,7
<b>90</b>	6625	53,4	4,0	3,2	19,2	5,9	9,4
<b>180</b>	6240	52,0	2,9	5,9	16,0	5,3	11,0
<b>270</b>	5622	43,7	3,7	3,9	15,7	5,0	17,5
<b>360</b>	5028	43,6	3,3	3,6	14,8	4,7	15,5

Médias seguidas de mesma letra nas colunas ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade (P<0, 10).

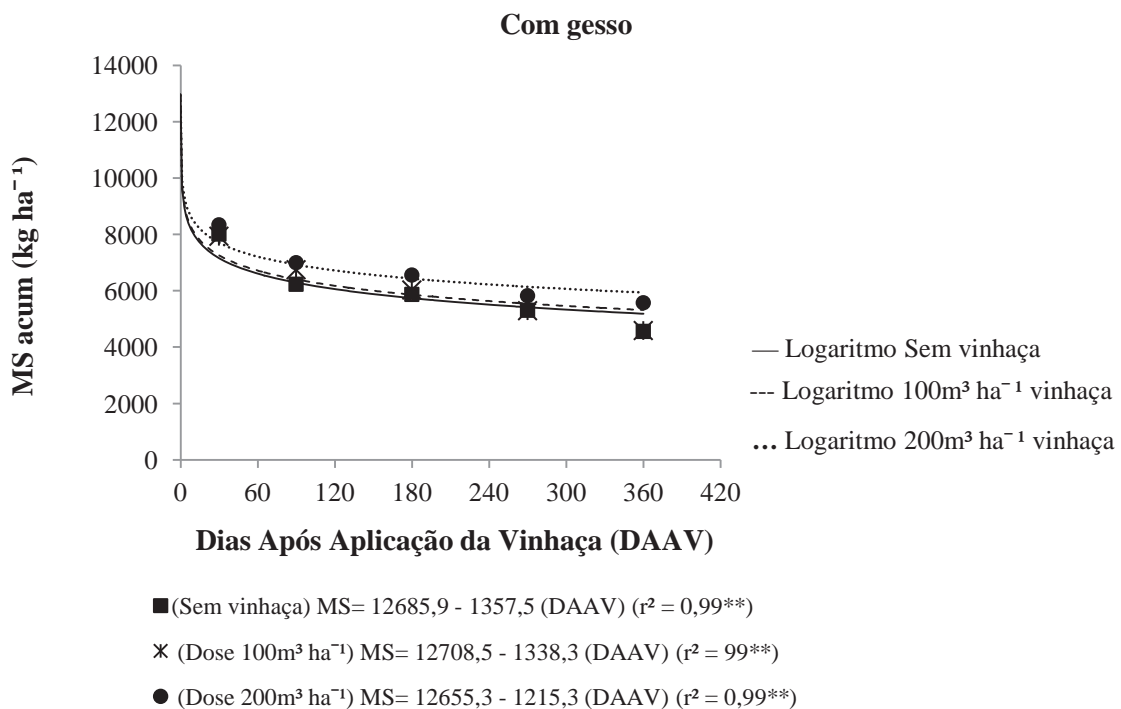
Como não houve interação significativa entre os tratamentos, para avaliação da decomposição da palhada de cana e liberação de nutrientes ao longo do ciclo de cana-soca. Foram ajustadas regressões polinomiais para cada nutriente; para o tratamento sem gesso e diferentes doses de vinhaça e com gesso e diferentes doses de vinhaça, para dias após a aplicação da vinhaça (DAAV), cujos resultados estão contidos nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente para palha remanescente sobre o solo (MS) e conteúdos neste resíduo vegetal de N, P, Ca e Mg. Cabe ressaltar que não houve ajuste de equações significativas para conteúdos de K e S na palhada ao longo do período de avaliação (0 a 360 dias após aplicação dos tratamentos). O resultado de não significância para conteúdo de K na palhada advém da

não função estrutural do elemento no metabolismo da planta, e por conseqüência rápida liberação da palha e retorno ao solo (FONTES, 1987).

**Figura 2.** Matéria-seca acumulada da palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação do gesso. Suzanápolis, 2010.

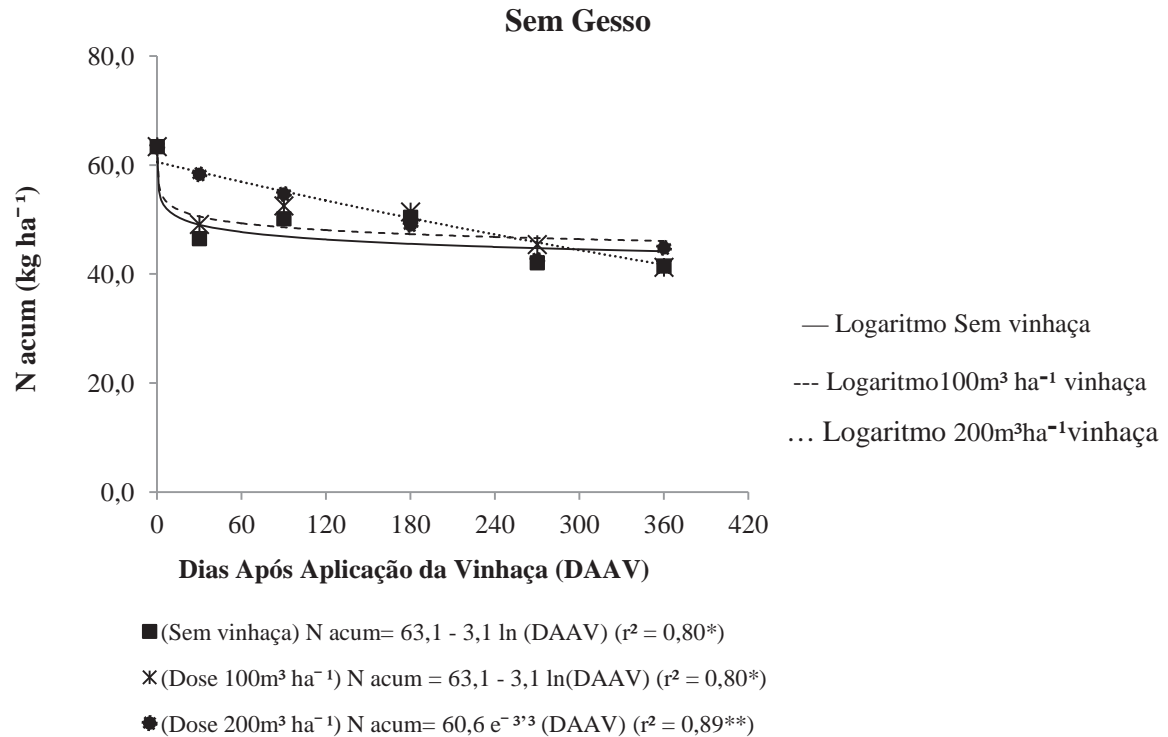


**Figura 3.** Matéria-seca acumulada da palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.

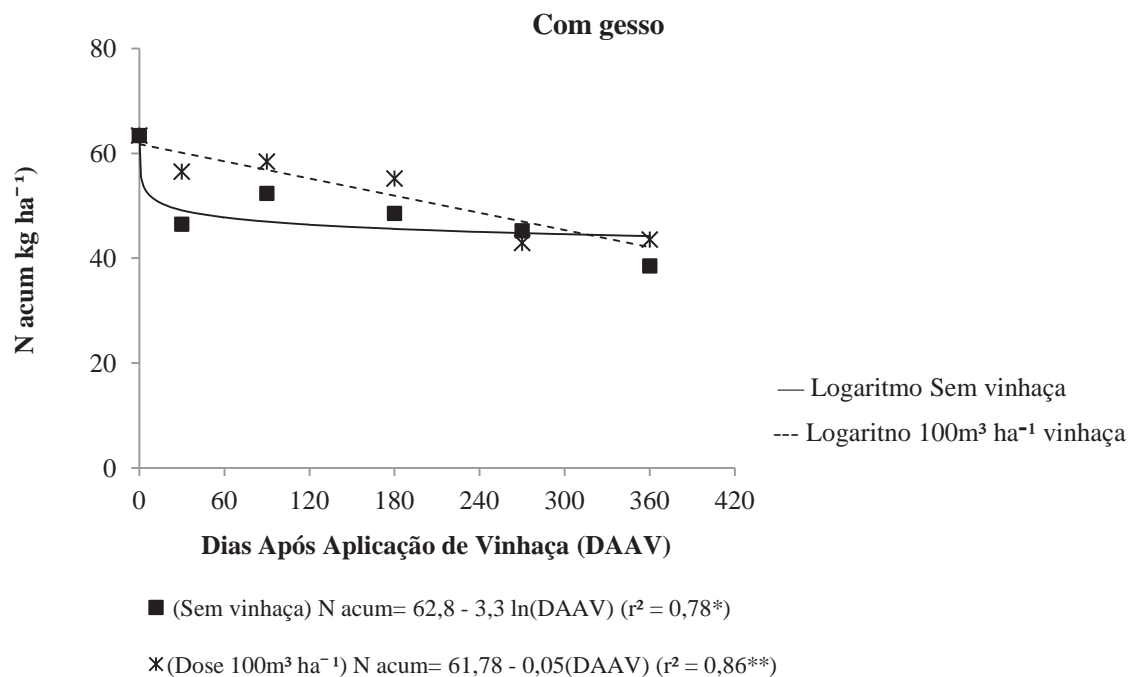




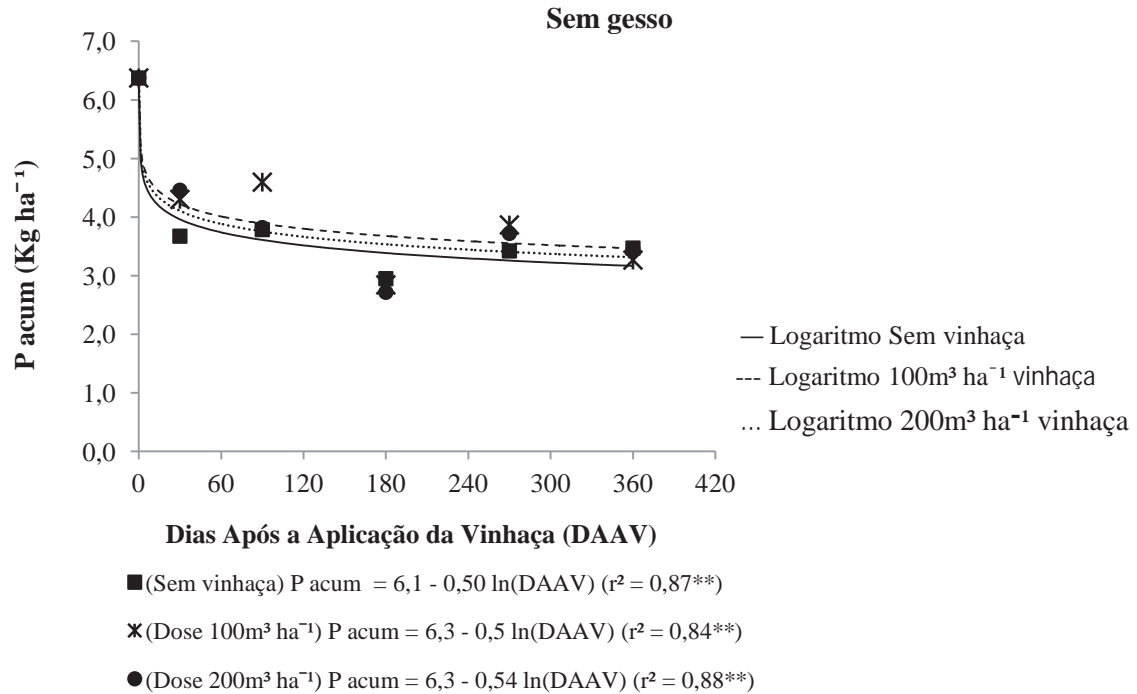
**Figura 4.** Conteúdo de N acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



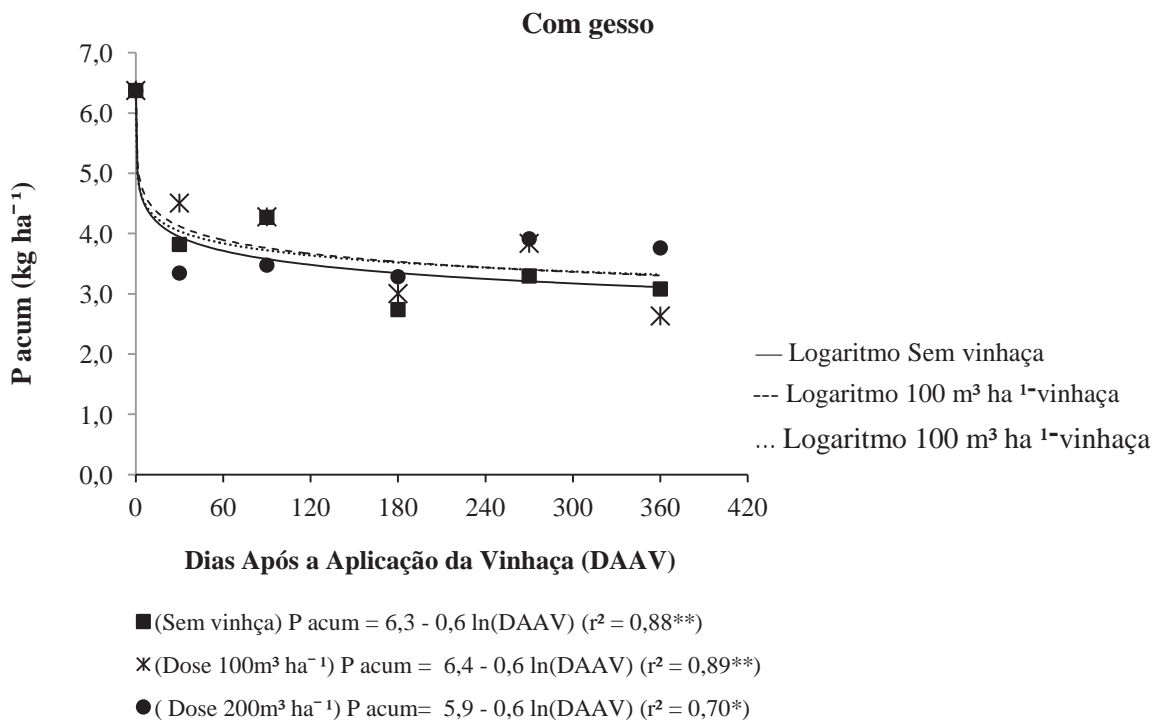
**Figura 5.** Conteúdo de N acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



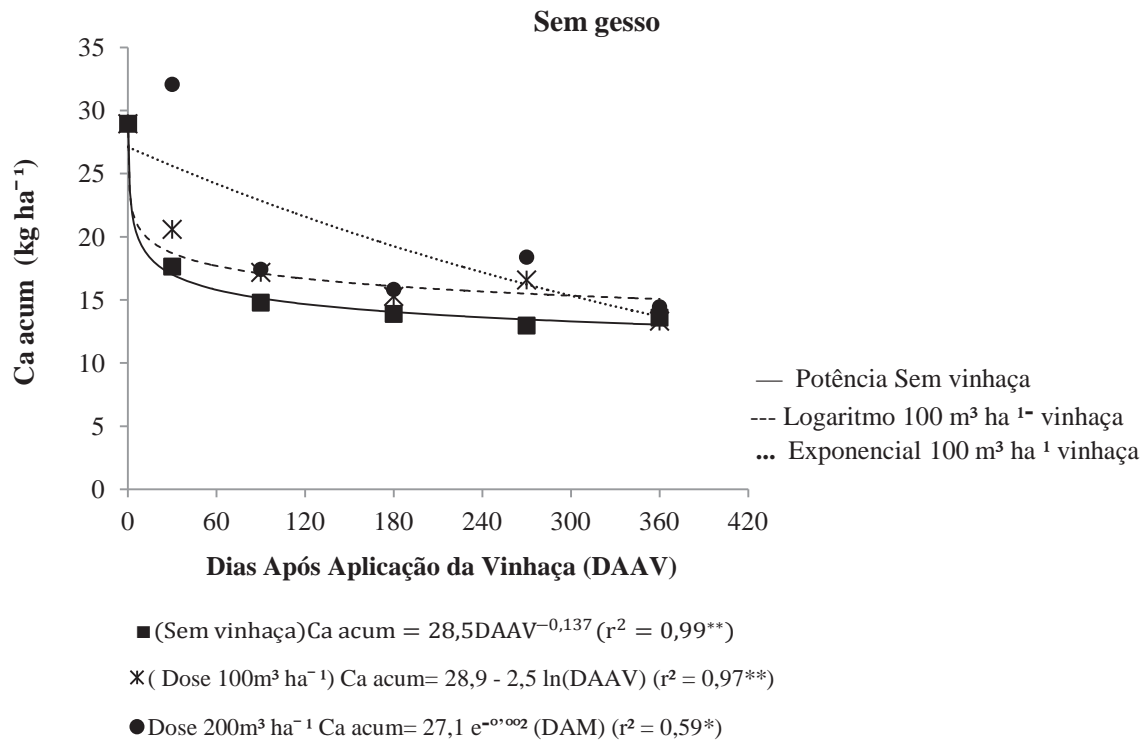
**Figura 6.** Conteúdo de P acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



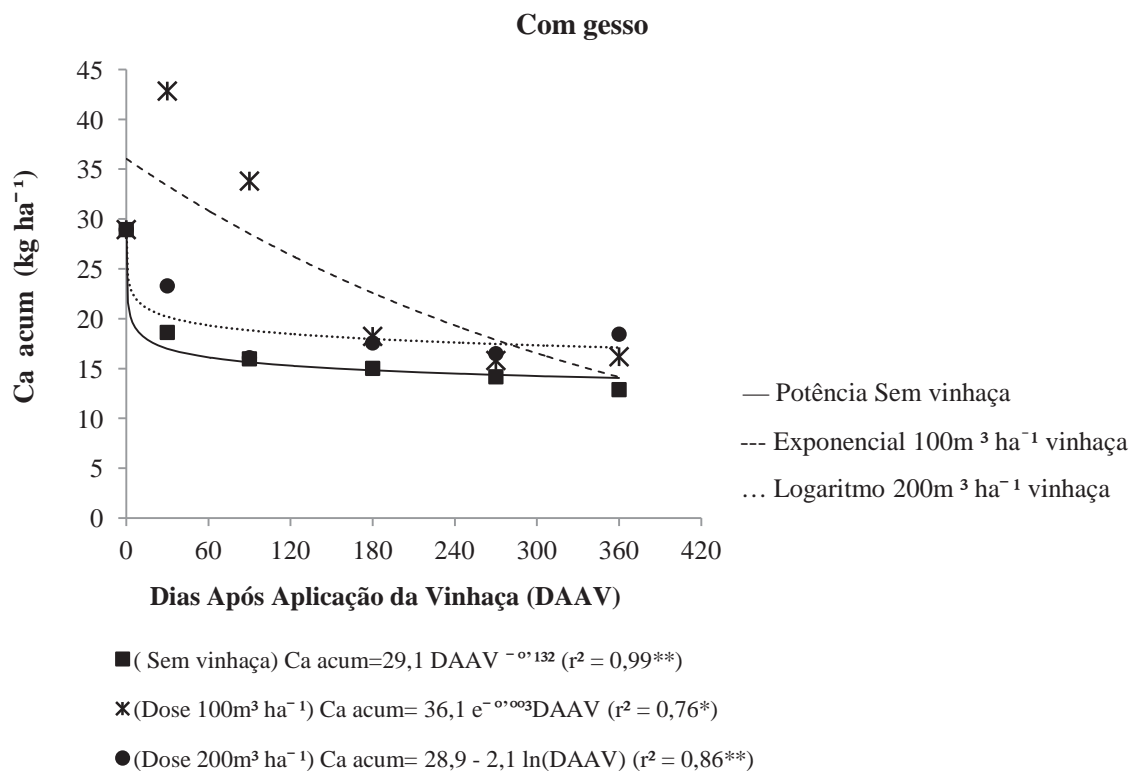
**Figura 7.** Conteúdo de P acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



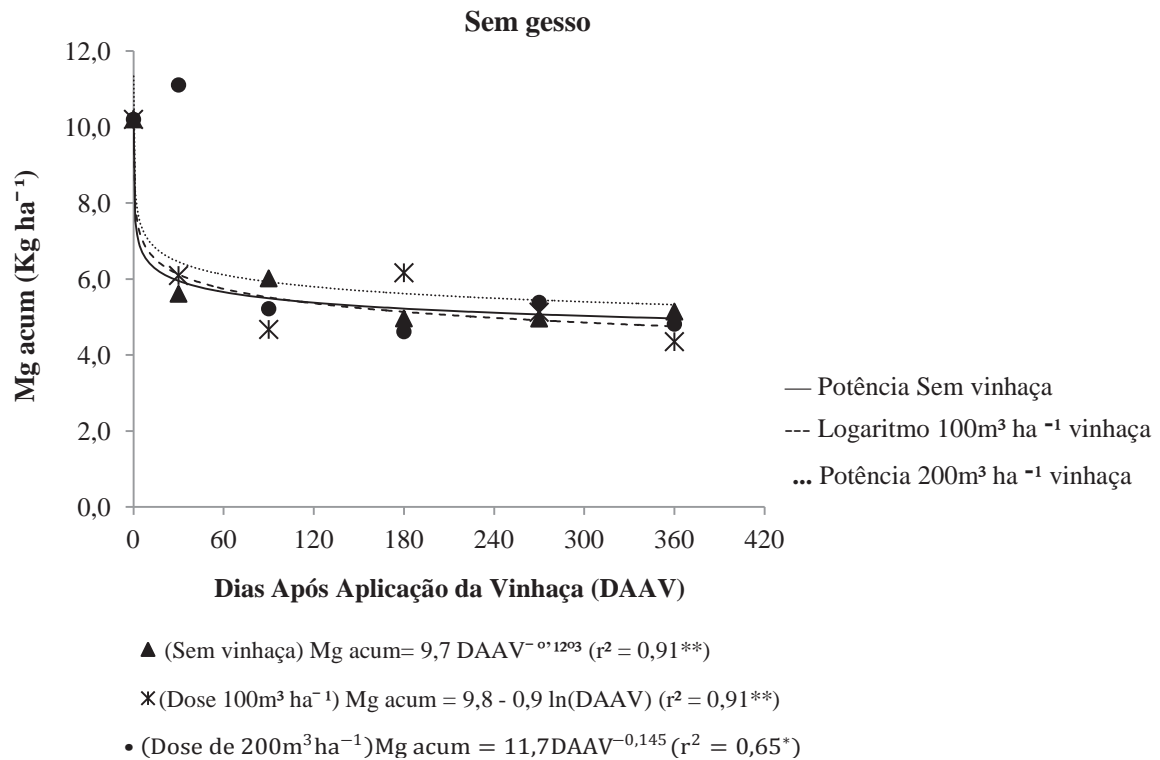
**Figura 8.** Conteúdo de Ca acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



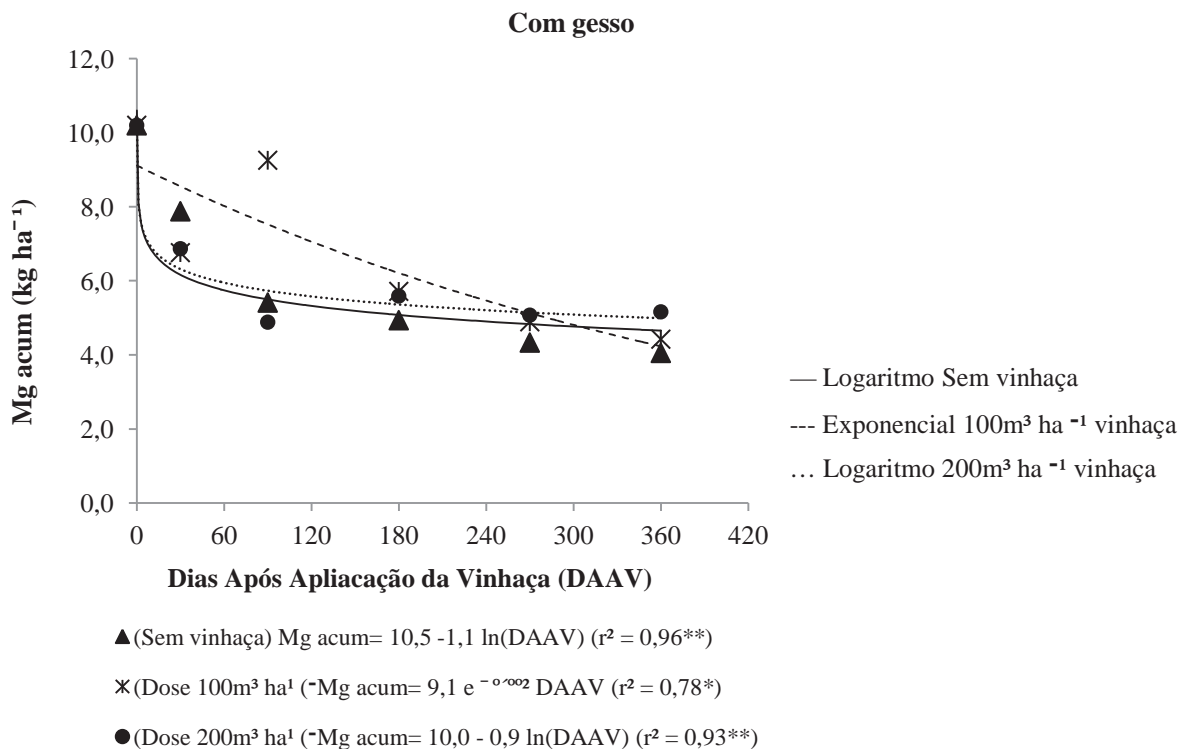
**Figura 9.** Conteúdo de Ca acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



**Figura 10.** Conteúdo de Mg acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, sem aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



**Figura 11.** Conteúdo de Mg acumulado na palhada de cana-de-açúcar, em função das doses de vinhaça, com aplicação de gesso. Suzanápolis, 2010.



Avaliando-se a Figura 2, constata-se comportamento semelhante da decomposição da palhada da cana-de-açúcar ao longo do tempo. O uso ou não de gesso pouco alterou os valores de palha remanescente sobre o solo no tempo. Esperava-se que pela baixa relação C/N e quantidade de nutrientes deste resíduo, nos tratamentos com vinhaça, a decomposição seria maior e/ou mais rápida durante o tempo de avaliação, pela melhoria na atividade microbiana do solo. Todos os ajustes de doses de vinhaça, com ou sem aplicação do gesso, foram logarítmicos decrescentes, e estabilizados em torno de 90 dias após aplicação dos tratamentos. Na média (Tabela 6), houve decréscimo da palha remanescente sobre o solo da ordem de 60% durante o ciclo da cana-soca. Resultados estes que podem ser explicados pela textura arenosa da camada superficial do solo e pelas condições climáticas durante a primavera/verão (Figura 1) com alta temperatura aliada à grande quantidade de chuvas no período, o que pode ter favorecido a atividade microbiana decompositora, mesmo numa palhada de alta relação C/N. Estes resultados de decomposição ficaram muito acima dos constatados por Rebonatti et al. (2011), que na mesma região (Suzanápolis-SP), entretanto em um Argissolo Vermelho Eutrófico e com menor pluviosidade no período de cana-soca (4º ciclo) obtiveram valores de 20,9% no período de um ano após a aplicação de vinhaça ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Deve-se ressaltar que, neste trabalho em questão, em virtude de ser o 4º ciclo da cana, havia cerca de  $17,8 \text{ t ha}^{-1}$  de palha sobre o solo, valor este superior aos  $12,7 \text{ t ha}^{-1}$ , do presente, o que pode ter aumentado o contato solo/palha e conseqüentemente contribuído também para a maior decomposição ao final da avaliação.

Para os conteúdos (liberação) de nutrientes da palha remanescente sobre o solo (Figuras 3, 4, 5 e 6), houve ajustes: logarítmicos (na maioria), exponenciais, potenciais ou lineares todos decrescentes ao longo do tempo de avaliação em cana-soca. Estes comportamentos seguiram a própria decomposição da palha (Figura 2), contudo, devido às baixas quantidades de nutrientes nestes resíduos vegetais (Tabela 6), mesmo com liberação de valores na ordem de 40 a 50% do conteúdo inicial em relação ao final da avaliação (360 DAAV), pouco contribuíram para a nutrição da planta (Tabela 4) e também sem efeitos na produtividade de colmos e qualidade tecnológica da cana-soca (2º ciclo) da variedade RB 86-7515.

## 5 CONCLUSÕES

O uso do gesso e da vinhaça na dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  incrementaram os teores de Ca, Mg, S-SO<sub>4</sub>, valores de SB e V% e reduziram os teores de Al<sup>3+</sup>, nas camadas de 0 a 0,40 m e de S-SO<sub>4</sub> na camada de 0,40 a 0,60 m, 180 e 360 dias após suas aplicações, respectivamente.

A prática da gessagem e aplicação de vinhaça em cana-soca, variedade RB 86-7515 de 2º ciclo, não resultaram em aumento de produtividade de colmos ou qualidade tecnológica desta em Latossolo VERMELHO AMARELO do Noroeste Paulista.

Ao final de 360 dias após aplicação ou não de vinhaça e/ou gesso sobre a palhada de cana soca houve a decomposição de 60% deste resíduo vegetal. Contudo, a liberação de nutrientes desta palhada não contribuiu para a nutrição da planta, produtividade de colmos e qualidade tecnológica da variedade RB 86-7515.

## 6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M; SHIMABUKURO, Y. E. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 440-451, 2009.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVARES V.H., (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992. 26 p. (Boletim Técnico, 6)

ALMEIDA, J. R. **O problema da vinhaça em São Paulo**. Piracicaba: Instituto Zimotécnico da ESALQ, 1952. 24 p. (Boletim - IZ-ESALQ, 3).

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

BALL-COELHO, B.; SALCEDO, I. H.; TIESSEN, H.; STEWART, W. B. Short and long-term phosphorus dynamics in a fertilized ultisol under sugarcane. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 4, p. 1027-1034, 1993.

BAYER, C.; MIELNICZUK, K.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a Sandy clay Roam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000.

BERTON, J. T.; GERALDI, R. N.; Van RAIJ, B. Resíduos da indústria como fonte de potássio em experimento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 61-64, 1983.

BOLLAG, J. M.; LIU, S. Y. Biological transformation processes of pesticides. In: CHENG, H.H. (Ed.). **Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modeling**. Madison : Soil Science Society of America, 1990. p. 169-211.

BORBAL, M. M.; BAZZO, A. M. Estudo econômico do ciclo produtivo da cana-de-açúcar para reforma de canavial, em área de fornecedor do estado de São Paulo. In: CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Congresso...** Porto Alegre: SOBER, 2009. 29 p.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; BERTON, N. R. S.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MENK, J. R. F. **Alteração de características químicas de um latossolo vermelho - escuro distrófico pela aplicação de vinhaça**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 23 p. (Boletim Científico, 9).

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, Madison, v. 192, n. 1, p. 37-48, 1997.

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

CENTRO TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC. **Potencial de produção de bagaço e palha**. Piracicaba: [s.n., 2008?]. Disponível em: <[http://www.ctccanavieira.com.br/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=366&Itemid=1315](http://www.ctccanavieira.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=366&Itemid=1315)>. Acesso em: 24 jan. 2011.

CERRI, C. C. et al. Canne à sucre et sequestration du carbone... **Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France**, Paris, v. 3, p. 1-15, 2004.

COLEMAN, R. The importance of sulfur as a plant nutrient in the world crop production. **Soil Science**, v. 101, p. 230- 239, 1996.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento janeiro de 2011**. Brasília: CONAB, 2011. 19 p. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil**. Brasília: CONAB, 2008. 75 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/perfil.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2011.

CONSECANA. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba: Opinião, 2003. 116 p.

DAWSON, L.; BOOPATHY, R. Use of post-harvest sugarcane residue for ethanol production. **Bioresource Technology**, New York, v. 98, n. 9, p. 1695-9, 2007.

DIAS, L. E. **Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e gesso**. 1992. 130 f. Tese (Doutorado) –



Universidade Federal de Viçosa: Ensino, Pesquisa e Extensão para Sociedade Brasileira, Viçosa - MG, 1992.

DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; et al. (Org). **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 107-119.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de pesquisa de Solos, 2006. 306p.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, ed.4, 2003, 240 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA/DEX, 1999. 66 p.

FERREIRA, E. S.; MONTEIRO, A. O. Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. **Boletim Técnico da COPERSUCAR**, Piracicaba, v. 37, p. 3-7, 1987.

FRANCHINI; J. C. L.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.1 p. 2267- 2276, 1999.

FONTES, L. E. F. **Fertirrigação da cana-de-açúcar com vinhaça**. Viçosa: U.F.V., 1987. 18 p. Seminário Apresentado no Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa.

FURLANI NETO, V. L. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 12, n. 13, p. 8-9, 1994.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 621-630, 2003.

GENTIL, L. V. B. **Sistema de distribuição de vinhaça empregando veículo de transbordo**. Campos: Grupo Santal, 1978. 21 p.

GLÓRIA, N. A. **Emprego da vinhaça para fertilização**. Piracicaba: Codistil, 1976. 31 p.

GLÓRIA, N. A. Utilização agrícola da vinhaça. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 5, p. 11-17, 1975.

GLORIA N. A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação de vinhaça como fertilizante**. São Paulo: Copersugar, 1983. 38 p.

HECKLER, J. C.; SALTON J. C. **Palha**: fundamento do sistema plantio direto. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. v. 7, 26 p. (Coleção Sistema Plantio Direto) Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/247967/1/COL20027.pdf>>. Acesso em: 18 Jul. 2011.

GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. **Bioenergia no estado de São Paulo**: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa oficial do estado de São Paulo, 2008. 152 p.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília: EMBRAPA-SPI 1998. p. 37-49. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/247967/1/COL20027.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007 the physical science basis**: part of the working group I contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University, 2007. 8 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.change/>>. Acesso em: 7 abr. 2011.

JUNIOR, T. L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A. A produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, 2007, p. 276-283.

JENDIROBA, E. Questões ambientais no manejo da agroindústria canavieira. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA E.; NOBREGA J. C. M (Org.). **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.345-357.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em LATOSSOLO VERMELHO distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

LANDERS, F. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1995. 261p.

MACEDO, I. C. Emissões de GEE do setor de açúcar e etanol no Brasil: valores atuais e esperados, In: \_\_\_\_\_ **A energia da cana-de-açúcar**: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia/UNICA, 2005. p.101-104.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARQUES, F. Cardápio energético: cada país terá sua própria combinação de fontes limpas de energia pra enfrentar as mudanças climáticas, conclui *workshop*. **Ciência e Tecnologia no Brasil Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 157, p. 15-21, 2009.

MARSCHNER, H. Function of mineral nutrients: macronutrients. In: MARSCHNER, H. (Ed.) **Mineral nutrition of plants**. San Diego: Academic, 1995. p. 255-265.

MARTINEZ CRUZ, A.; ALEMÉN, I.; BACH, T.; CALERO, B. J. Effects of irrigation with sugar factory waste water. II. Microflora associated to the carbon cycle. **Ciencias de la Agricultura**, Santiago, v. 30, p. 118-127, 1987.

MINHONI, M. T. A.; CERRI, C. C. Decomposição de vinhaça em solo sob diferentes níveis de umidade: liberação de CO<sub>2</sub>, formação de biomassa microbiana e imobilização do nitrogênio adicionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 25-30, 1987.

MORELLI, J. L.; NELLI, E. J.; DEMATTE, J. L. J. et al. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, n. 6, p. 24-31, 1987.

MORELLI, J. L.; DALBEN, A. E.; ALMEIDA, J. O. C. et al. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 187-194, 1987.

NOLLA, A. Correção da acidez do solo com silicatos. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia. **Palestras...** Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 1CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. S. **A relação capital-trabalho na agroindústria sucroalcooleira paulista e a intensificação do corte mecanizado**: gestão do trabalho e certificação ambiental. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Presidente Prudente, 2003.

OLIVEIRA, M. W. de. et al. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, 1999, p. 803-809.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 393-486.

PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.16, p. 86-91, 1994.

PEREIRA, F. A. R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* L. Merrill) no cerrado.** 1990. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B.van. Barreira química em subsolos ácidos. In: \_\_\_\_\_. **Gesso na agricultura.** Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 12 -23.

REBONATTI, M. D.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; MALAVOLTA, A. C. T.; VITTI, A. C. Tempo de decomposição e reciclagem de nutrientes do palhizo de cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de vinhaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33. Uberlândia, 2011. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas.** Uberlândia: SBCS/UFU, 2011. v. 1, 1CD-ROM.

REIS, T. C. **Variação da acidez do solo em resposta a adição de materiais orgânicos.** 1998. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

RIBEIRO, A. C.; SENGIK, E. Efeito da aplicação da vinhaça sobre a dispersão de argila de amostras de latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 30, n. 167, p. 12-18, 1983.

RIPOLLI, T. C. C.; RIPOLLI, M. L. C. Queima da canaviais e suas implicações técnico ambientais. In: \_\_\_\_\_. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Piracicaba: T. C. C. Ripolli, 2004. p. 20-24.

RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Effects of vinasse added to soil on pH and exchangeable aluminum content. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 18., 1983, Havana. **Proceedings...** Havana : Universidad de La Habana, 1983. p. 189-214.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção a sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil.** Disponível em: <  
[http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol\\_sustentabilidade.pdt.>](http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdt.>). Acesso em: 30 jan. 2009.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

ROSSETO, R.; DIAS, F. L.; VITTI, C. F. Fertilidade do solo e adubação. In: DINARCO - MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). **Cana-de-Açúcar.** Campinas: IAC, 2008. p. 221-237.

SÁ, J. C. M. **Manejo da Fertilidade do solo no plantio direto.** Castro: Fundação ABC, 1993. 94p.

SALDANHA, E. C. M. et al. Uso do gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 36-41, 2007.

SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, E. C. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J. Uso do gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 36-42, 2007. Disponível em: <<http://www.pgfitopat.ufrpe.br/publicacoes/clisgesso.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2009.

SANTOS, G. A; ROSSIELLO, R. P.; FERNANDES, M. S. Efeitos da vinhaça sobre o pH do solo, a germinação e acúmulo de potássio em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16. p. 489-493, 1981.

SÃO PAULO. Referente à diretoria Nº 075/2006/C- Processo E/052/2005, de 21 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a homologação da revisão da Norma Técnica P4. 231 – Vinhaça – Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola – versão dezembro/2006. **Diário Oficial do Estado, Poder Executivo**, Brasília, DF, 03 jan. 2007. Seção I, p.23-24.

SÃO PAULO. Protocolo de cooperação que celebram entre si o governo do estado de São Paulo, secretária do estado do meio ambiente, secretaria de estado da agricultura pecuária e abastecimento e a união da indústria canavieira de São Paulo para a adoção de ações destinadas a consolidar o desenvolvimento sustentável da indústria de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, 4 jun. 2007. **Clausula terceira- diretivas técnicas. Protocolo Agroambiental do setor sucroalcooleiro paulista**. 3 jun de 2006, 3p.

SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENTIROBA E.; NÓBREGA J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. In: JENTIROBA, E. **Questões ambientais no manejo da agroindústria canavieira**. Piracicaba: CP 2, p. 347-357. 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SOUSA, D. M. G. Manejo da fertilidade do solo sob cerrado com ênfase em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 22., 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 53-58. (Documentos, 22).

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

TANACA, E. K. T.; PEREIRA, J. A. Z.; PIGATTO, G. Substituição da pecuária de corte e expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: o impacto nas regiões oeste e noroeste do estado. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2005. p. 1-19. Rio Branco **Anais...** Rio Branco: SBEASR, 2008. Disponível em: <[www.sober.org.br/palestra/13/1169.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/13/1169.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2011.

TORQUATO, S. A. Cana-de-açúcar para a indústria: o quanto vai crescer. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, Água funda, v. 1, n. 10, 2 p., out. 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTextopdf?codTexto448>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1375-1385, 1995.

TIBAU, A. U. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Livraria Nobel, 1978. 72 p.

TIMM, L. C.; OLIVEIRA, J. C. M.; TOMINAGA, T. T.; CASSARO, F. A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Water balance of a sugar cane crop: quantitative and qualitative aspects. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 57-62, 2002.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR- UNICA. **Protocolo agroambiental do setor sucroalcooleiro: compromisso com a sociedade**. São Paulo: ÚNICA, [2008?]. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/search.asp>>. Acessado em: 1 jul. 2009.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **Características agronômicas das variedades RB**. São Carlos: Universidade federal de São Carlos centro de ciências agrárias UFCAR, 2009. Programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar- PMGCA. Disponível em: <[http://www.udop.com.br/index.php?item=variedades\\_rb](http://www.udop.com.br/index.php?item=variedades_rb)>. Acessado em: 20 jan. 2009.