

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DE LARANJA-PERA EM FUNÇÃO DE
DOSES DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Priscila Roberta Volante

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL, SP – BRASIL

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DE LARANJA-PERA EM FUNÇÃO DE
DOSES DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Priscila Roberta Volante

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2013

Volante, Priscila Roberta
V899a Atributos físicos e químicos do solo e desenvolvimento de laranja-
Pera em função de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar /
Priscila Roberta Volante. -- Jaboticabal, 2013
xii, 35 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: José Eduardo Corá
Banca examinadora: Maria Helena Moraes, Carolina Fernandes
Bibliografia

1. Resíduo na agricultura. 2. Citros. 3. Manejo do Solo. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.31:631.879

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE LARANJEIRA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

AUTORA: PRISCILA ROBERTA VOLANTE

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE EDUARDO CORA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSE EDUARDO CORA

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. CAROLINA FERNANDES

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. MARIA HELENA MORAES

Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrícolas de Botucatu

Data da realização: 28 de fevereiro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PRISCILA ROBERTA VOLANTE – Nascida em 03 de fevereiro de 1987, em Taquaritinga, SP. Em março de 2006, ingressou no Curso de Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, SP, e em dezembro de 2010 graduou-se como Engenheira Agrônoma. Foi bolsista de iniciação científica pela PROEX (Bolsa de Apoio Acadêmico e Extensão I) durante o ano de 2006, monitora na disciplina de Solos em 2008, e bolsista de iniciação científica pelo programa PIBIC/Reitoria durante o período de agosto de 2009 a julho de 2010. Iniciou em março de 2011 o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na mesma universidade, no qual foi bolsista CAPES. Em fevereiro de 2013 obteve o título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

O que não entendo hoje,
naquele tempo eu não sabia.

(João Guimarães Rosa)

DEDICO

Aos meus pais, *Paulo e Marli*,
exemplos de determinação e sabedoria.

Às minhas irmãs, *Paula e Thais*,
companheiras de todas as horas.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, campus de Jaboticabal, pela infraestrutura e excelente formação profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Produção Vegetal, pela oportunidade de adentrar ao universo da pesquisa;

Ao Prof. Dr. José Eduardo Corá, pela orientação, oportunidade, conselhos, ensinamentos e por ter acreditado em mim;

À Profa. Dra. Carolina Fernandes e ao Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho, pela participação da banca do Exame Geral de Qualificação e sugestões para melhoria desse trabalho;

Às Profas. Dras. Maria Helena Moraes e Carolina Fernandes, pela participação da banca da Defesa da dissertação e sugestões para aprimoramento do trabalho;

À todos os professores, pela contribuição para a minha formação.

À Usina Colombo, por fornecer a cinza de bagaço de cana-de-açúcar;

Ao meu pai, por disponibilizar a área e auxiliar na condução do experimento;

Ao Profs. Drs. Newton La Scala Junior, Pedro Luis da Costa A. Alves, Rinaldo César de Paula e Odair Aparecido Fernandes, pelo empréstimo dos equipamentos;

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelo auxílio nas análises estatísticas;

Aos amigos Darlene, Liliane, Júnior, Danilo, Priscila Truber, Roniram, Llerme, Adolfo, Getúlio, Márcio, Marcos, Edison, André, Cárita, Felipe, Juliana e Ícaro pela companhia, sugestões e ajuda durante todos estes anos;

Ao Tiago de Souza Fieno e aos funcionários do departamento de Solos e Adubos, pela amizade e colaboração durante a realização deste trabalho;

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e da Biblioteca da faculdade, pela presteza no atendimento e auxílio;

Aos meus pais e irmãs, pelo incentivo, a força, o apoio e a presença em todos os momentos da minha vida;

Ao meu namorado, Thiago Henrique Bombarda, pelo apoio e incentivo;

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste curso;

À Deus, por permitir a realização de mais este sonho e por colocar todas estas pessoas no meu caminho;

Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1. Atributos Físicos do Solo.....	12
4.2. Emissão de CO ₂ do solo	14
4.3. Atributos Químicos do Solo.....	15
4.4. Análise Foliar das Plantas.....	20
4.5. Análise do Desenvolvimento das Plantas	22
4.6. Análise Fisiológica das plantas.....	23
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS	26
ANEXOS	30
Anexo A – Classificação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar segundo especificações da ANBT NBR 1004 (2004).....	31
Anexo B – Teores de nutrientes da cinza de bagaço de cana-de-açúcar.	33
Anexo C – Teores de metais presentes na cinza de bagaço de cana-de-açúcar.	34
Anexo D – Análise da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como corretivo do solo.....	35

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE LARANJA-PERA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO – A produção agrícola e industrial aumentou e, conseqüentemente, houve aumento da geração de resíduos. Devido ao alto volume de resíduo gerado pelas agroindústrias e ao alto custo de armazenamento e ao poder poluente deste no local de armazenamento, estes vem sendo distribuídos nos solos agrícolas. Mas, para isso, é necessário a obtenção de informações sobre o tema, para que sua utilização não cause prejuízos ao solo e à cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nos atributos do solo e no desenvolvimento de um pomar de laranja-Pêra, instalado em Argissolo Vermelho, em Taquaritinga – SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. As doses testadas foram 0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ (base seca), as quais foram incorporadas ao solo antes da implantação do pomar. As avaliações relacionadas à planta e ao solo foram realizadas aos seis e doze meses após a implantação dos tratamentos. Para a avaliação química e física do solo, foram retiradas amostras deformadas e indeformadas de solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O efeito das doses, quando significativo, foi avaliado por meio de regressão polinomial. Através dos dados obtidos pode-se concluir que a aplicação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar no solo incrementou os teores de potássio e magnésio do solo e não alterou os outros atributos do solo e o desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: resíduo, citros, manejo do solo.

PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES AND ORANGE TREES DEVELOPMENT IN FUNCTION OF SUGARCANE BAGASSE ASH

ABSTRACT – The agricultural and industrial production has increased and, hence, an increase in waste generation. Due to the high volume of waste generated by agricultural industries and the high cost of storage and the potential of pollution in the storage place, is being distributed in the soil. Therefore it is necessary to obtain information, so that its use does not cause damage to the soil and crops . The objective of this study was to evaluate the effect of sugarcane bagasse ash application in soil and on orange orchard. The experimental design was a randomized block design with five treatments and five replications. The doses tested were 0, 5, 10, 20 and 40 t ha⁻¹ (dry basis), which were incorporated into the soil prior to the orchard establishment. Plant and soil evaluation were carried out at six and twelve months after experimental treatments established. Soil samples were collected at 0-15 and 15-30 cm depth. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. The effect of doses was evaluated by polynomial regression. The application of sugarcane bagasse ash increased soil potassium and magnesium content and it did not affect soil plant development.

Keywords: waste, citrus, soil management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Granulometria do solo da área experimental, realizada antes da implantação do experimento.	7
Tabela 2. Atributos físicos do solo em função da incorporação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), das profundidades e das épocas de avaliação.	13
Tabela 3. Índice de estabilidade de agregados (IEA), macroporosidade (Ma), volume total de poros (VTP) e densidade do solo (Ds) em função das profundidades amostradas e das épocas de avaliação.	14
Tabela 4. Emissão de CO ₂ (ECO ₂), temperatura e umidade do solo em função da incorporação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo, nas épocas de avaliação.	15
Tabela 5. Atributos químicos do solo em função de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), nas profundidades e nas épocas avaliadas.	16
Tabela 6. Teores de enxofre (S-SO ₄) e micronutrientes em função da aplicação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA).	17
Tabela 7. Teor de zinco (Zn) em função das profundidades amostradas e das épocas de avaliação.	20
Tabela 8. Teores médios de ferro (Fe) em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) e das épocas de avaliação.	20
Tabela 9. Teores médios de macronutrientes nas laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.	21
Tabela 10. Teores médios de micronutrientes nas laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.	21
Tabela 11. Parâmetros do desenvolvimento da planta em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo.	22
Tabela 12. Massa fresca, massa seca e área foliar das folhas das laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.	23
Tabela 13. Características fisiológicas das laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo.	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aplicação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar nas parcelas experimentais.....	8
Figura 2. Detalhe da incorporação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo...	8
Figura 3. Área experimental.....	9
Figura 4. Teores médios de potássio (K) magnésio (Mg) em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) incorporadas ao solo.	18

1. INTRODUÇÃO

A agricultura, cada vez mais, busca por aumentos de produtividade, visando a otimização de áreas e recursos naturais, ao mesmo tempo em que almeja a minimização da geração de resíduos poluidores do ambiente. Entretanto, o aumento da produtividade pode implicar em maior geração de resíduos e estes, quando não reutilizados geram prejuízos, como gastos com armazenamento. Nesses locais, devido ao grande acúmulo de resíduo em área pequena e à disposição inadequada, há potencialização do poder poluente, ou seja, a concentração de substâncias tóxicas e sua lixiviação facilitam a contaminação do solo e dos corpos hídricos.

As palhas, a torta de filtro, o bagaço de laranja e cana-de-açúcar, fibra da casca de côco, casca de arroz, cinzas vegetais, a vinhaça, entre outros, são exemplos de resíduos gerados em grandes quantidades e a sua reutilização, quer seja na alimentação animal, agricultura ou fabricação de objetos, minimizam seus efeitos negativos.

O emprego dos resíduos na agricultura pode acrescentar ao solo quantidades satisfatórias de nutrientes. Entretanto, por geralmente apresentarem baixas concentrações de nutrientes quando comparados aos fertilizantes minerais, são depositados ao solo em grandes quantidades, o que pode contaminar o ambiente, uma vez que estes resíduos podem conter metais pesados.

Para alguns resíduos, como a vinhaça, existem normas regulamentando seu uso na agricultura. Para outros, essa regulamentação não existe, e estes são depositados no solo sem nenhum critério técnico, sem considerar as particularidades destes, podendo resultar em prejuízos econômicos e ambientais, como contaminação da cultura, do solo e das águas subterrâneas.

A indústria sucroenergética vem crescendo no país. A cana-de-açúcar, devido à facilidade do cultivo e ao destino certo da produção, vem se tornando a opção mais escolhida pelos produtores rurais. Esse aumento da área cultivada acarreta maior geração de resíduos, dentre eles a cinza, resultante da queima do bagaço para a geração de energia.

A cinza de bagaço de cana-de-açúcar, além de ser um dos resíduos agroindustriais gerados em maior quantidade, não tem seu uso regulamentado. Por isso, vem sendo utilizada indiscriminadamente no ambiente agrícola, principalmente no cultivo de plantas cítricas e de cana-de-açúcar. Faz-se necessário, portanto, a realização de estudos que avaliem os efeitos deste resíduo no ambiente, no solo e nas plantas, a fim de verificar as conseqüências do seu emprego na agricultura.

Dentro desse contexto, a hipótese do presente trabalho é que a aplicação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo afeta seus atributos físicos e químicos e, conseqüentemente, o desenvolvimento das laranjeiras.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em atributos físicos e químicos do solo e no desenvolvimento da laranja-Pêra.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A busca por produção sustentável é realidade em praticamente todas as cadeias produtivas e preocupação da agricultura atual. As indústrias procuram forma de transformar seus resíduos em subprodutos, visando a utilização destes em outros setores da produção. Esses subprodutos, principalmente os resultantes da produção de alimentos, geralmente são destinados ao uso agrícola, empregados como fertilizantes ou corretivos da acidez do solo, podendo ou não serem usados como complemento da dose de outro insumo.

Com a finalidade de descarte, o resíduo é geralmente distribuído no solo sem seguir nenhum critério técnico (FREITAS, 2005). Tal atitude pode causar problemas, principalmente devido ao uso de doses excessivas (GOMES, 1973). Estudos comprovam que, devido às suas características, o resíduo, quando usado inadequadamente, pode degradar e contaminar a camada arável do solo, prejudicando o desenvolvimento das culturas e afetando negativamente a microbiota do solo (PANDEY e SINGH, 2010).

De acordo com Pandey et al. (2000), o bagaço de cana-de-açúcar, resultante do processo industrial para a obtenção do açúcar e/ou álcool, é o principal resíduo desta indústria. O processamento de cada tonelada de cana-de-açúcar gera, em média, 250 kg de bagaço (GOBBI; GROENWOLD; MEDEIROS, 2010), e cerca de 25 kg de cinza, o que corresponde a 10% do peso do bagaço (PAULA et al, 2009).

A indústria sucroenergética apresentou crescimento acelerado nos últimos anos, sendo o total da produção de cana-de-açúcar para a safra 2011/12, somente no estado de São Paulo, de 308.073.200 toneladas (CONAB, 2011a). O fortalecimento da indústria fez crescer também o volume de bagaço produzido e, conseqüentemente, a quantidade de cinza. Gerou-se no estado de São Paulo, nesta safra, cerca de 77.018.300 toneladas de bagaço e 7.701.830 toneladas de cinza.

A maior parte do bagaço gerado é consumida na própria usina sucroenergética para geração de energia. O restante pode ficar estocado ou ser destinado a outros usos por outras indústrias: nas caldeiras de usinas processadoras de suco de laranja, para a geração de energia, em substituição a

outras fontes, como a lenha e o diesel. A cinza resultante dessa queima também é considerada resíduo desta indústria.

A cinza resultante da queima do bagaço vem sendo alvo de pesquisas para uso na fabricação de briquetes (TEIXEIRA; PEÑA; MIGUEL, 2010), como fonte de quartzo para produção de cerâmica vermelha (TEIXEIRA et al., 2008), na fabricação de cimentos (PAULA et al., 2009) e de concretos asfálticos (LEAL; CASTRO, 2007), entre outros usos. Sua utilização na agricultura também vem sendo estudada (DAROLT, BLANCO NETO e ZAMBON, 1993; BRUNELLI; PISANI JR, 2006; FEITOSA; MALTONI; SILVA, 2009).

A composição da cinza, de acordo com Pita (2009), é influenciada pelas características da biomassa que lhe deu origem e, conseqüentemente, pela exigência nutricional de cada vegetal. Portanto, os efeitos da aplicação da cinza, resultante da queima do bagaço da cana-de-açúcar, no solo e na planta variam em função das características da cinza e do tipo de solo (PANDEY e SINGH, 2010).

Augusto, Bakker e Meredieu (2008) observaram, em sua revisão sobre cinza advinda da queima de madeira, que esta apresentava valores de pH próximos a 12, e, conseqüentemente, alto poder de neutralização, resultante da formação de carbonato de cálcio durante a combustão da cinza (STEENARI, KARLSSON e LINQVIST, 1999).

Em estudo com cinza de bagaço de cana-de-açúcar, Brunelli e Pisani Jr. (2006) perceberam que a aplicação de cinza aumentou a capacidade de retenção de água no solo, além de fornecer macro e micronutrientes para as plantas, por ser rica em cálcio e potássio, o que viabiliza seu uso como insumo agrícola. Os pesquisadores verificaram ainda que o resíduo promoveu incremento no pH do solo, nos teores de cálcio e magnésio e na soma de bases quando incorporado em um Latossolo Vermelho Amarelo, de textura arenosa.

Darolt, Blanco Neto e Zambon (1993) em seus estudos sobre a incorporação de cinza resultante da queima de material vegetal, antes da implantação da cultura da alface, verificaram que a utilização do resíduo proporciona benefício duplo, pois, ao mesmo tempo em que pode melhorar a produtividade, também minimiza o efeito poluente causado pela grande quantidade de cinza produzida. Os melhores resultados foram encontrados nas dosagens de 10 e 15 t ha⁻¹, nas quais se

obtiveram maiores valores de pH, de teores de nutrientes e as maiores produtividades. Os autores observaram que o pH do solo aumentou e o teor de alumínio trocável diminuiu com o incremento das doses de cinza, concluindo que esta pode ser usada em substituição ao calcário para a cultura citada, além de atuar como fornecedora de potássio, cujos teores encontrados no solo aumentaram com o incremento da dose de cinza aplicada.

Feitosa, Maltoni e Silva (2009), em seu estudo comparando a aplicação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar e o trato convencional da cultura (com realização de calagem e de adubação), bem como tempo de incorporação destas ao solo antes do plantio, observaram que não é necessário período de incubação da cinza no solo antes da implantação da cultura do milho, diferentemente do que é recomendado para o calcário. Notaram, ainda, aumento nos valores de pH, teores de cálcio e soma de bases do solo, os quais eram próximos daqueles obtidos no solo da área em que se realizou a adubação mineral. Perceberam incremento maior nos teores de potássio no solo, em todas as doses de cinza testadas (30, 60 e 90 t ha⁻¹), em relação aos obtidos com adubos minerais. Os autores afirmam que, para a cultura do milho, de maneira geral, não encontraram diferença entre os tratamentos, cuja dose de resíduo correspondeu a 60 e 90 t ha⁻¹ e o tratamento com adubação mineral, indicando que a adubação química pode ser substituída pela aplicação de resíduo nas doses de 60 ou 90 t ha⁻¹.

Pandey e Singh (2010) relatam que a utilização de baixas doses de cinza provenientes da queima do bagaço de cana-de-açúcar, incorporadas ao solo, podem modificar suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Contudo, a aplicação consecutiva desta cinza, sem considerar suas características agrônômicas, pode causar impactos negativos no ambiente (BRUNELLI; PISANI JR, 2006), como poluição do solo por metais pesados e prejuízo da atividade microbiológica, além de possível contaminação do lençol freático.

De acordo com Olanders e Steenari (1995), o fato de a cinza conter concentrações diminutas de elementos prejudiciais às plantas e ao solo não restringe sua aplicação, podendo este resíduo ser empregado como possível reestruturador do solo e/ou fertilizante em várias culturas. Entretanto, o uso de tal

resíduo na agricultura deve ser estudado em cada tipo de solo e cultura para que se evitem problemas de ordem econômica e ambiental (Pandey; Singh, 2010).

Dentre as muitas culturas em que a cinza pode ser utilizada, está a citricultura. Esta se caracteriza como uma das principais atividades agrícolas do estado de São Paulo. A laranja, da variedade Pera, é a planta cítrica mais cultivada. Seus frutos são adequados para os mercados interno e externo de fruta fresca e para a industrialização (Pio et al., 2005).

A produção de laranja no estado de São Paulo, para a safra 2011/12, é de aproximadamente 15.330.325,91 toneladas (CONAB, 2011b). A laranja, além de ser consumida *in natura*, é destinada à produção de suco concentrado, apreciado no exterior. Entretanto, a indústria de suco gera resíduos, dentre eles a cinza, resultante da queima do bagaço de cana-de-açúcar para a geração de energia necessária para o seu funcionamento. Estas indústrias, assim como as sucroenergéticas, para não estocarem em suas áreas este resíduo, distribuem, freqüente e aleatoriamente, a cinza no solo das suas áreas, com pomares de citros, ou de seus fornecedores, uma vez que não há regulamentação para o uso, diferentemente do que ocorre com a vinhaça, outro resíduo da indústria sucroenergética.

Pelo exposto, observa-se a inexistência de normas que regulamentem o uso deste resíduo na agricultura e a escassez de trabalhos científicos sobre o uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em pomares de citros, verificando seu efeito nos atributos físicos e químicos do solo, bem como seu efeito sobre o desenvolvimento das plantas, impede o emprego correto desse resíduo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Taquaritinga, SP. A altitude média local é de 620 m, com latitude 21°22'56" S e longitude 48°38'51" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1424 mm, concentrada no período de outubro a março.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho, seguindo critérios propostos pela Embrapa (2006). Antes da implantação do experimento, realizou-se amostragem do solo visando caracterização de atributos físicos. O resultado da análise textural do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Granulometria do solo da área experimental, realizada antes da implantação do experimento.

Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
0-20	87	2	11
20-40	78	3	19
40-60	70	3	27
60-80	64	4	32
80-100	60	4	36

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 5 tratamentos (doses de cinza) e 5 repetições. Foram testadas as doses de 0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ de cinza de bagaço de cana-de-açúcar, em base seca.

A cinza foi caracterizada quimicamente antes da utilização, sendo classificada como resíduo não inerte Classe II A, de acordo com a ABNT NBR 10.004 (Anexo A). Portanto, a cinza de bagaço de cana-de-açúcar não foi considerada um resíduo perigoso (Classe II A), e por ser não inerte, pode apresentar certas propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. O material possuía 40% de umidade a 105°C, 1,2 g kg⁻¹ de P₂O₅, 2,7 g kg⁻¹ de K₂O, 1,2 g kg⁻¹ de Ca, 0,7 g kg⁻¹ de Mg, 0,3 g kg⁻¹ de S, 20 mg kg⁻¹ de B, menos que 10 mg kg⁻¹ de Cu, 2800 mg kg⁻¹ de Fe, 100 mg kg⁻¹ de Mn, menos que 0,9 mg kg⁻¹ de Mo, 10 mg kg⁻¹ de Zn, menos que 1 mg kg⁻¹ de Co, além de também conter arsênio (0,28 mg Kg⁻¹), cromo (49,65 mg Kg⁻¹) e níquel (3,05 mg Kg⁻¹) (Anexo B, C e D).

A cinza foi distribuída à lanço, manualmente, nas parcelas e incorporada ao solo, por meio de gradagem, no dia 17 de maio de 2011. As parcelas foram constituídas por 1 linha de laranjeiras, com 5 plantas. Como bordadura, deixou-se uma planta entre as parcelas, na linha de plantio.

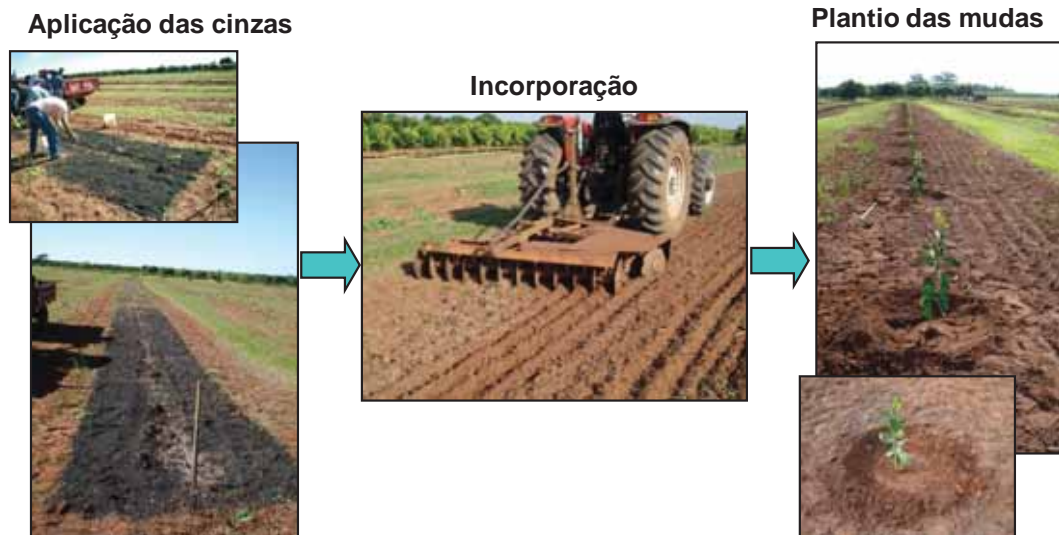


Figura 1. Aplicação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar nas parcelas experimentais.

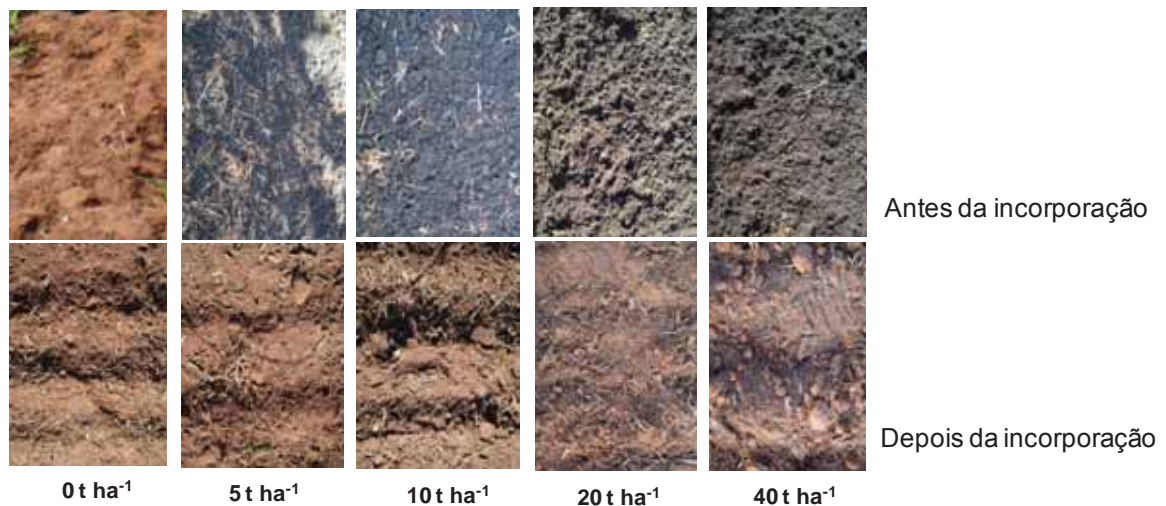


Figura 2. Detalhe da incorporação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo.

O experimento foi conduzido em pomar de laranja-Pêra (*Citrus sinensis* L. Osbeck), com porta-enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck), implantado em 19 de maio de 2011, com espaçamento de 3,5 m entre plantas e 7,0 m nas entrelinhas.

No momento da implantação não foi realizada adubação de plantio. Os tratos culturais do pomar foram realizados de acordo com as especificações técnicas para a cultura. Durante o período avaliado neste trabalho realizou-se adubação de cobertura, à lanço, distribuindo-se 200g da fórmula 20-5-19 em cada uma das quatro aplicações realizadas.



Figura 3. Área experimental.

Aos seis e doze meses após a aplicação da cinza, foram coletadas amostras do solo nas profundidades 0-15 cm e 15-30 cm, visando análises de atributos químicos e físicos do solo, além de realizadas a avaliação da emissão de CO₂, fotossíntese, análise foliar e de desenvolvimento da planta.

Em cada parcela foram coletadas, com auxílio de trato tipo holandês, cinco sub-amostras de solo, para compor uma amostra composta sem estrutura preservada. Nestas amostras foram determinados: densidade de partículas (Gubiani, Reinert e Reichert, 2006), estabilidade de agregados em água (Kemper & Rosenau, 1986), teores de P, Mg, Ca, K, B, Cu, Mn e Zn, pH (CaCl₂), acidez potencial e

carbono orgânico, de acordo com o método proposto por Raij et al. (1987). A partir desses resultados, calculou-se os valores de capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (S) e porcentagem de saturação por bases (V).

Para a determinação da densidade do solo (Blake & Hartge, 1986), porosidade total, macro e microporosidade (Embrapa, 1979) foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada com o auxílio de anéis volumétricos (0,05 m de altura x 0,05 m de diâmetro, aproximadamente), em número de três replicações por parcela.

A emissão de CO₂ e a temperatura do solo foram determinadas utilizando-se câmara de fluxo portátil e sensor de temperatura do sistema LI-8100 (LI-COR®, Nebraska, EUA). Foram instalados 4 colares de PVC, com 10 cm de diâmetro, por parcela pelo menos um dia antes da avaliação, sobre os quais foi colocada a câmara fechada (volume interno de 854,2 cm³, área de solo exposta de 83,7 cm²), sendo a concentração de CO₂ no interior da câmara medida a cada 2,5 segundos, durante um período de 90 segundos. Simultaneamente realizou-se a medição da umidade do solo com o aparelho TDR (Hydrosense®).

A avaliação do estado nutricional das laranjeiras foi realizada seguindo-se as especificações de Raij et al (1997). Para tal, coletou-se a 3ª folha a partir da extremidade de ramo gerado na primavera, num total de 8 folhas por planta, em 5 plantas por parcela. As folhas amostradas foram lavadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, moídas e submetidas à análise química para determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, seguindo procedimentos descritos por Bataglia et al. (1983). Realizou-se ainda a determinação da área foliar, seguindo a metodologia proposta por Mazzini, Ribeiro e Pio (2010), além da obtenção da massa específica das folhas, conforme Syvertsen e Levy (1982).

As avaliações do desenvolvimento das laranjeiras constaram de: altura da copa e da planta, diâmetro e volume da copa (Bremer Neto et al., 2008) e diâmetro do tronco, conforme método utilizado por Mattos Junior et al. (2004), através da expressão $D = Pr/\pi$, sendo Pr o perímetro do tronco.

Determinou-se a taxa de fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração das laranjeiras utilizando-se analisador portátil de fotossíntese

(LI-COR[®], LI-6400). As leituras foram realizadas em uma planta por parcela, em folhas totalmente desenvolvidas, localizadas no terço médio da copa.

Os dados obtidos foram avaliados seguindo o esquema de parcelas subdivididas para os atributos físicos e químicos do solo, sendo que as doses de cinza corresponderam às parcelas, as camadas do solo às subparcelas e as épocas de avaliação correspondem às sub-subparcelas. Para as demais análises seguiu-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo que as doses de cinza corresponderam às parcelas e as épocas de avaliação às subparcelas. Os dados foram submetidos à análise de variância. A comparação das médias foi realizada utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O efeito das doses, quando significativo, foi avaliado por meio de regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos Físicos do Solo

Os atributos físicos do solo não foram alterados em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar aplicadas (Tabela 2). Resultados diferentes foram encontrados por Pandey e Singh (2010), que notaram que a cinza de bagaço de cana-de-açúcar, quando incorporada ao solo em pequenas doses, pode afetar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Foram verificados aumento do índice de estabilidade de agregados (IEA), macroporosidade e volume total de poros (VTP) e redução da densidade do solo na camada de 0-15 cm quando comparados aos valores observados na camada de 15-30 cm (Tabela 2). Não houve efeito da profundidade sobre a microporosidade do solo e densidade de partículas. O revolvimento do solo implica no aumento do volume de macroporos, o que resulta na redução da densidade do solo observada nesta camada. A sensível melhora apresentada por alguns atributos físicos do solo, principalmente o IEA, nas amostras coletadas na camada de 0-15 cm, deve-se à aplicação da cinza nesta camada e ao fato de que a cinza, provavelmente, contém carbono em quantidade e forma não detectável através da metodologia tradicionalmente utilizada.

Na amostragem realizada aos 12 meses observou-se aumento da macroporosidade do solo e do VTP, entretanto houve redução do IEA, da densidade de partículas, da microporosidade e densidade do solo, quando comparados à avaliação realizada aos 6 meses após a incorporação da cinza (Tabela 2). Observou-se alterações em alguns atributos do solo na avaliação realizada aos 6 meses, enquanto que para outros atributos, o efeito da cinza foi observado aos 12 meses. Tal fato sugere que a cinza apresenta efeito residual, estando presente no solo um ano após a sua aplicação.

Tabela 2. Atributos físicos do solo em função da incorporação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), das profundidades e das épocas de avaliação.

Tratamentos	Atributos físicos do solo ⁽¹⁾					
	IEA %	DP g cm ⁻³	Ma -----	Mi --- % ---	VTP -----	Ds g cm ⁻³
Doses de CBCA (D)						
0 t ha ⁻¹	52	2,64	7	25	33	1,75
5 t ha ⁻¹	51	2,64	7	25	32	1,75
10 t ha ⁻¹	55	2,64	7	26	33	1,75
20 t ha ⁻¹	54	2,63	7	25	33	1,75
40 t ha ⁻¹	56	2,63	8	25	33	1,75
F _{doses} ⁽²⁾	2,11 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV ⁽³⁾ (%)	12,01	0,95	33,79	15,92	7,94	3,06
Profundidades (P)						
0-15 cm	59 a	2,64	9 a	25	34 a	1,72 b
15-30 cm	48 b	2,63	5 b	26	31 b	1,78 a
F _{prof} ⁽²⁾	75,69 ^{**}	3,53 ^{ns}	175,76 ^{**}	1,74 ^{ns}	77,01 ^{**}	48,64 ^{**}
Interação DxP	0,75 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV ⁽³⁾ (%)	11,63	1,11	20,76	8,05	6,02	2,35
Época de avaliação (E)						
6 meses	56 a	2,66 a	5 b	26 a	31 b	1,78 a
12 meses	52 b	2,62 b	10 a	25 b	35 a	1,72 b
F _{época} ⁽²⁾	22,47 ^{**}	29,74 ^{**}	219,51 ^{**}	19,05 ^{**}	215,59 ^{**}	54,59 ^{**}
Interação DxE	2,10 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Interação PxE	17,52 ^{**}	0,12 ^{ns}	28,14 ^{**}	0,43 ^{ns}	39,83 ^{**}	18,60 ^{**}
Interação DxPx E	0,34 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV ⁽³⁾ (%)	7,42	1,45	24,33	6,06	4,05	2,08

⁽¹⁾: IEA = índice de estabilidade de agregados; DP = densidade de partículas; Ma = macroporosidade; Mi = microporosidade; VTP = volume total de poros; Ds = densidade do solo

⁽²⁾: ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade

⁽³⁾: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A análise de variância revelou efeito significativo da interação profundidade x época de avaliação para IEA, macroporosidade, VTP e densidade do solo (Tabela 3). O melhor resultado foi encontrado na avaliação realizada aos 12 meses, na camada de 0-15 cm para macroporosidade do solo e VTP. O maior valor de IEA e o menor de densidade do solo foram observados na camada de 0-15 cm, na avaliação realizada aos 6 e 12 meses, respectivamente, após a aplicação da cinza.

Tabela 3. Índice de estabilidade de agregados (IEA), macroporosidade (Ma), volume total de poros (VTP) e densidade do solo (Ds) em função das profundidades amostradas e das épocas de avaliação.

	0-15 cm	15-30 cm	F ⁽¹⁾
IEA (%)			
6 meses	63 Aa	48 bA	91,89**
12 meses	56 aB	48 bA	25,87**
F⁽¹⁾	39,83**	0,15 ^{ns}	
Ma (%)			
6 meses	6 aB	4 bB	20,89**
12 meses	13 aA	7 bA	159,80**
F⁽¹⁾	202,43**	45,23**	
VTP (%)			
6 meses	32 aB	30 bB	14,13**
12 meses	37 aA	32 bA	116,73**
F⁽¹⁾	220,38**	35,04**	
Ds (g dm⁻³)			
6 meses	1,76 bA	1,79 aA	5,60*
12 meses	1,68 bB	1,77 aB	65,30**
F⁽¹⁾	68,46**	4,73*	

⁽¹⁾: * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2. Emissão de CO₂ do solo

As doses de cinza testadas não influenciaram a emissão de CO₂ e a temperatura do solo (Tabela 4). Tal fato pode ser explicado pela ausência de carbono orgânico, visto que a cinza foi queimada. Porém a hipótese de que a cinza contenha carbono em forma e quantidade não detectada por métodos comumente utilizados não pode ser descartada, devendo ser estudada em outra oportunidade.

Houve redução da temperatura e emissão de CO₂ aos 12 meses (Tabela 4). A redução da atividade microbiana, e conseqüentemente, a diminuição da emissão de CO₂, pode ser explicada pela queda da temperatura, menos favorável aos microrganismos do solo.

Tabela 4. Emissão de CO₂ (ECO₂), temperatura e umidade do solo em função da incorporação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo, nas épocas de avaliação.

Tratamentos	ECO ₂ μmol m ⁻² s ⁻¹	Temperatura °C
Doses de CBCA (D)		
0 t ha ⁻¹	2,48	24,8
5 t ha ⁻¹	2,73	25,1
10 t ha ⁻¹	2,53	27,6
20 t ha ⁻¹	2,78	25,2
40 t ha ⁻¹	2,58	25,5
F _{doses} ⁽¹⁾	1,19 ^{ns}	0,98 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	14,63	13,85
Época de avaliação (E)		
6 meses	3,58 a	29,01 a
12 meses	1,66 b	22,26 b
F _{época} ⁽¹⁾	221,08 ^{**}	51,73 ^{**}
Interação Dx E	1,52 ^{ns}	1,03 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	17,44	12,93

⁽¹⁾: ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3. Atributos Químicos do Solo

Os atributos químicos do solo não foram alterados em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar aplicadas, exceto para os teores de potássio e magnésio, cujo efeito da adição de cinza foi significativo (Tabela 5 e 6).

Resultados diferentes foram encontrados por Pandey e Singh (2010), que notaram que a cinza de bagaço de cana-de-açúcar, quando incorporada ao solo em pequenas doses, pode afetar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Tal resultado difere do encontrado no experimento, porque a composição da cinza é variável, mudando de acordo com as características do material vegetal que lhe deu origem (PITA, 2009).

Considerando-se as características da cinza utilizada, nota-se que através da incorporação de 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ de cinza de bagaço de cana-de-açúcar adicionou-se ao solo, respectivamente, 13,5, 27, 54 e 108 kg de K₂O. Cada tonelada de cinza adiciona ao solo 2,7 kg de K₂O. Pode-se afirmar que o teor de potássio

Tabela 5. Atributos químicos do solo em função de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), nas profundidades e nas épocas avaliadas.

Tratamentos	P _{resina} g dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl	K -----	Ca -----	Mg mmol _c	H+Al dm ⁻³	SB -----	CTC -----	V %
Doses de CBCA (D)										
0 t ha ⁻¹	20	12	5,2	1,7 b	21	10 b	22	33,3	55,6	59
5 t ha ⁻¹	34	12	5,2	2,2 ab	23	11 ab	22	36,2	58,1	61
10 t ha ⁻¹	26	12	5,2	2,1 ab	23	11 ab	22	36,3	58,4	61
20 t ha ⁻¹	17	13	5,2	2,4 ab	21	11 ab	23	34,4	57,1	60
40 t ha ⁻¹	21	12	5,3	2,7 a	22	12 a	21	36,4	57,5	63
F _{doses} ⁽¹⁾	0,65 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,37 ^{ns}	5,32 ^{**}	0,20 ^{ns}	3,25 [*]	0,28 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	151,41	13,33	5,52	32,33	43,87	13,71	22,49	30,51	16,70	16,59
Profundidades (P)										
0-15 cm	31 a	14 a	5,3 a	2,6 a	25 a	12 a	21 b	39,2 a	60,3 a	64 a
15-30 cm	17 b	11 b	5,1 b	1,9 b	19 b	10 b	23 a	31,5 b	54,3 b	57 b
F _{prof} ⁽¹⁾	16,69 ^{**}	158,20 ^{**}	50,29 ^{**}	84,71 ^{**}	18,38 ^{**}	75,31 ^{**}	16,26 ^{**}	32,26 ^{**}	26,70 ^{**}	47,89 ^{**}
Interação DxP	0,22 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,37 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,79 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	72,78	11,10	2,37	17,25	27,82	9,07	9,81	19,21	10,07	8,10
Época de avaliação (E)										
6 meses	20	12 b	5,2	2,1	22	11 b	22	35,2 b	57,4	61
12 meses	27	13 a	5,2	2,3	22	12 a	22	35,4 a	57,3	61
F _{época} ⁽¹⁾	2,71 ^{ns}	5,28 [*]	0,07 ^{ns}	4,04 ^{ns}	0,33 ^{ns}	9,21 ^{**}	0,58 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Interação Dx E	0,64 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Interação Px E	0,14 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Interação DxPx E	1,32 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	86,88	14,83	2,96	16,80	29,42	12,23	10,18	20,49	11,69	8,52

(1): * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade

(2): coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

presente na cinza equivale a uma adubação mineral, ou seja, 74,07 kg da cinza utilizada neste estudo equivalem a 1 kg da fórmula 20-5-20, comumente usada no fornecimento de nutrientes às laranjeiras. Devido a tal característica, os teores de potássio aumentaram linearmente em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar aplicadas (Figura 4).

Comportamento semelhante foi observado para o magnésio, cujos teores no solo aumentaram em função do incremento da dose de cinza, sendo o menor teor de magnésio observado na testemunha e o maior, na dose de 40 t ha⁻¹ (Figura 4). Portanto, pode-se afirmar que o aumento de magnésio também se deve à adição de cinza ao solo. Cada tonelada de cinza adiciona ao solo 0,7 kg de magnésio. A aplicação de cinza nas doses de 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹ corresponde, respectivamente,

a adição de 3,5, 7, 14 e 28 kg de magnésio.

Para o fósforo e o cálcio, que estão contidos na cinza de bagaço de cana-de-açúcar em quantidades intermediárias às quantidades de potássio e magnésio, não foi observado incremento significativo destes nutrientes no solo. Cada tonelada de cinza possui 1,2 kg de cálcio e fósforo. Mesmo estando presentes em quantidades superiores às de magnésio, não foi observado incremento no teor destes no solo. Isto pode ser explicado pelo efeito de concentração destes no solo, ou seja, como estes elementos estão presentes no solo em uma quantidade maior, é necessário o acréscimo de doses maiores para a observação de incremento nos teores destes nutrientes.

Tabela 6. Teores de enxofre (S-SO₄) e micronutrientes em função da aplicação de doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA).

Tratamentos	S-SO ₄	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----	-----	-----	g dm ⁻³	-----	-----
Doses de CBCA (D)						
0 t ha ⁻¹	2	0,23	1,5	17	16,9	0,6
5 t ha ⁻¹	2	0,24	1,4	17	15,1	0,8
10 t ha ⁻¹	2	0,24	1,5	13	17,5	0,7
20 t ha ⁻¹	2	0,26	1,5	16	16,3	0,6
40 t ha ⁻¹	2	0,24	1,6	13	16,5	0,7
F _{doses} ⁽¹⁾	0,35 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,78 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	46,40	26,98	24,96	63,25	36,00	45,06
Profundidades (P)						
0-15 cm	2 b	0,24	1,7 a	18 a	17,5 a	0,9 a
15-30 cm	3 a	0,24	1,3 b	13 b	15,4 b	0,5 b
F _{prof} ⁽¹⁾	12,80 ^{**}	0,32 ^{ns}	48,28 ^{**}	12,47 ^{**}	26,97 ^{**}	29,51 ^{**}
Interação DxP	0,13 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,32 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	28,67	19,90	18,04	49,35	12,69	52,71
Época de avaliação (E)						
6 meses	3 a	0,19 b	1,4 b	15	15,2 b	0,4 b
12 meses	2 b	0,29 a	1,6 a	16	17,7 a	0,9 a
F _{época} ⁽¹⁾	10,67 ^{**}	81,68 ^{**}	30,37 ^{**}	3,14 ^{ns}	18,38 ^{**}	59,97 ^{**}
Interação DxE	0,76 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,85 [*]	0,32 ^{ns}	1,67 ^{ns}
Interação PxE	0,67 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,80 [*]
Interação DxPx E	0,30 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,57 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	31,40	22,70	12,82	17,62	18,07	50,25

⁽¹⁾: * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

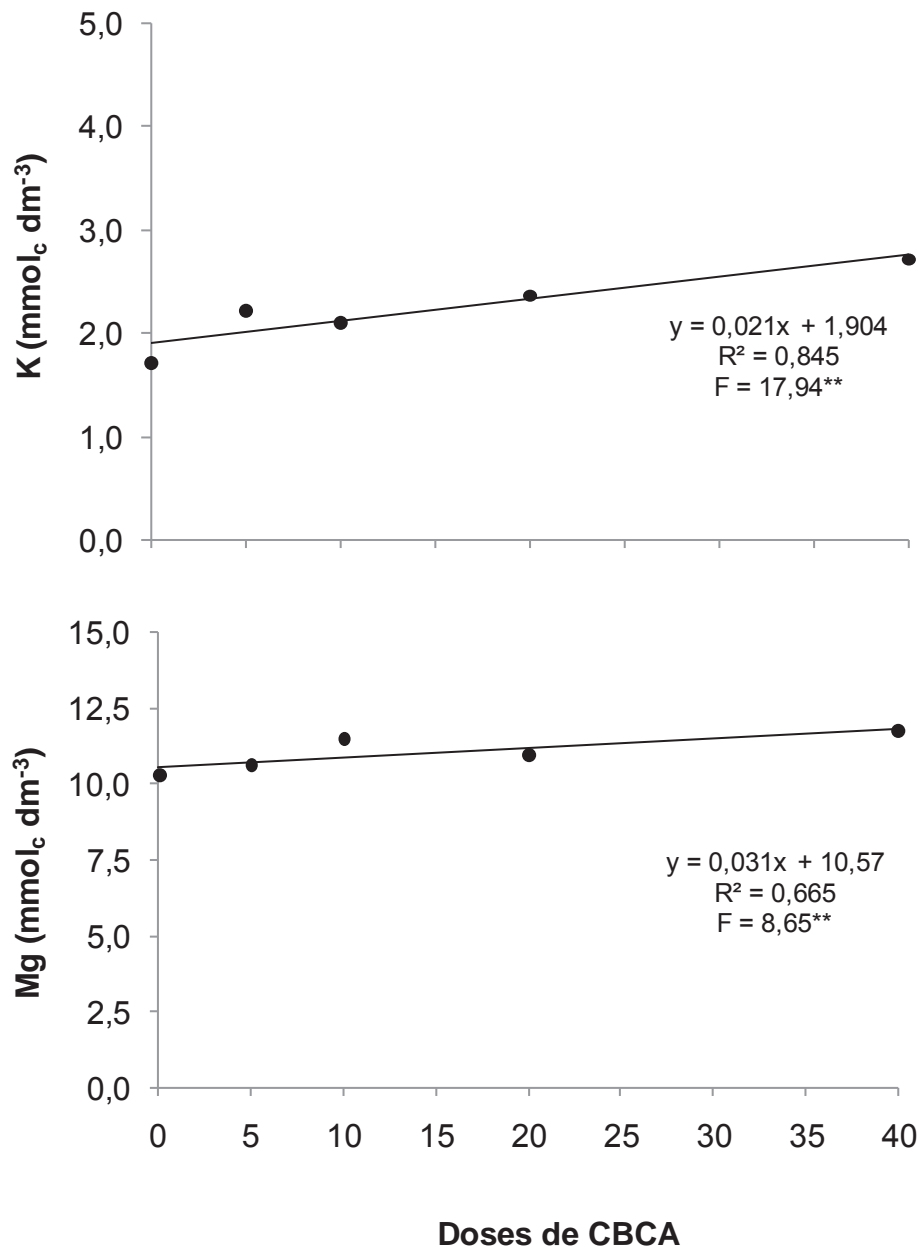


Figura 4. Teores médios de potássio (K) magnésio (Mg) em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) incorporadas ao solo.

Darolt, Blanco Neto e Zambon (1993) encontraram resultados semelhantes aos observados neste estudo, pois ao adicionarem cinza vegetal ao solo cultivado com alface, observaram aumento proporcional no teor de potássio no solo com o incremento das doses de cinza. Tais pesquisadores observaram também aumento no pH em função do aumento das doses de cinza e atribuíram esse fato à liberação

de carbonato de potássio resultante da reação da cinza com o solo. A cinza utilizada neste experimento, por apresentar baixo poder de neutralização (PN = 2,63%) e baixo poder relativo de neutralização total (PRNT = 2,45%), não alterou o pH do solo (Anexo D).

Observou-se aumento de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, pH, soma de bases, CTC, V%, cobre, ferro, manganês e zinco, e redução de H+Al e enxofre na camada de 0-15 cm (Tabelas 5 e 6). Não houve efeito da profundidade sobre o teor de boro. O aumento apresentado pela maioria dos atributos químicos se explica pela incorporação da cinza ter sido realizada, no máximo, até 15 cm de profundidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira (2010), em seu estudo sobre o efeito da aplicação de cinza de bagaço de cana-de-açúcar, obtida em usinas de produção de suco de laranja, em solos degradados. Silveira (2010) observou aumento do pH, dos teores de fósforo, cálcio e magnésio, dos valores de soma de bases e V%, e redução da acidez potencial. Tal fato foi explicado pelo fato de a cinza ter sido resfriada com efluente de lavagem das máquinas de moagem, que podem conter resíduos de suco e de bagaço de laranja. Isso sugere que a cinza, mesmo quando aplicada em solos férteis, pode alterar os atributos do solo.

Na amostragem realizada aos 12 meses observou-se aumento de magnésio, boro, cobre, manganês, zinco, soma de bases e redução de enxofre, não sendo observados efeitos da época de avaliação sobre o fósforo, potássio, cálcio, ferro, pH, H+Al, CTC e V% (Tabela 5 e 6).

A análise de variância revelou efeito significativo da interação profundidade x época de avaliação para o teor de zinco no solo (Tabela 7). E para o teor de ferro, houve interação doses x época de avaliação (Tabela 8).

O melhor resultado para o teor de zinco foi encontrado na avaliação realizada aos 12 meses. Para o teor de ferro, observou-se melhor resultado quando a amostragem foi realizada aos 12 meses, nas parcelas onde foram incorporadas 5 t ha⁻¹ de cinza de bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 7. Teor de zinco (Zn) em função das profundidades amostradas e das épocas de avaliação.

	Zn (g dm ⁻³)		F ⁽¹⁾
	0-15 cm	15-30 cm	
6 meses	0,5 aB	0,3 bB	5,85*
12 meses	1,2 aA	0,7 bA	29,64**
F⁽¹⁾	49,36**	15,41**	

(1): * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Teores médios de ferro (Fe) em função das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) e das épocas de avaliação.

	Doses de CBCA (t ha ⁻¹)					F ⁽¹⁾
	0	5	10	20	40	
6 meses	18	15 B	13	15	13	0,73 ^{ns}
12 meses	17	19 A	13	17	13	1,38 ^{ns}
F⁽¹⁾	0,82 ^{ns}	10,35**	0,01 ^{ns}	3,29 ^{ns}	0,06 ^{ns}	

(1): ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.4. Análise Foliar das Plantas

Não foram observados efeito das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nos teores de macronutrientes (Tabela 9) e de micronutrientes (Tabela 10) nas folhas das laranjeiras.

A falta de resposta da planta à aplicação da cinza pode ser explicada pela pequena quantidade de nutriente adicionada pela cinza e, principalmente, pelo fato de os tratos culturais terem sido realizados de acordo com as especificações técnicas para a cultura, suprimindo a necessidade nutricional da planta.

Tabela 9. Teores médios de macronutrientes nas laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	gKg ⁻¹					
Doses de CBCA						
0 t ha ⁻¹	28,5	1,1	21,3	24,8	2,4	2,8
5 t ha ⁻¹	27,4	1,0	22,9	22,8	2,3	2,8
10 t ha ⁻¹	27,5	1,0	20,3	23,5	2,2	2,7
20 t ha ⁻¹	27,5	1,1	19,8	24,2	2,4	2,6
40 t ha ⁻¹	27,2	1,1	21,2	24,9	2,3	2,6
F _{trat} ⁽¹⁾	1,05 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,99 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	4,10	7,72	8,47	9,98	7,50	7,98
Suficiência ⁽³⁾	23-27	1,2-1,6	10-15	35-45	2,5-4,0	2,0-3,0

(1): ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; (2): coeficiente de variação; (3): Teores de macro e micronutrientes considerados adequados para laranjeiras, adaptado de Raij et al. (1997).

Tabela 10. Teores médios de micronutrientes nas laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg Kg ⁻¹				
Doses de CBCA					
0 t ha ⁻¹	31	8	85	177	21
5 t ha ⁻¹	35	7	93	162	49
10 t ha ⁻¹	32	6	86	148	52
20 t ha ⁻¹	31	6	88	127	41
40 t ha ⁻¹	34	7	85	134	28
F _{trat} ⁽¹⁾	1,08 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,58 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	10,11	19,32	10,62	31,36	102,51
Suficiência ⁽³⁾	36-100	4-10	50-120	35-300	25-100

(1): ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; (2): coeficiente de variação; (3): Teores de macro e micronutrientes considerados adequados para laranjeiras, adaptado de Raij et al. (1997).

4.5. Análise do Desenvolvimento das Plantas

O desenvolvimento das plantas não foi alterado em função da aplicação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (Tabela 11).

Observou-se aumento do diâmetro do tronco, diâmetro e volume da copa na avaliação realizada aos 12 meses, enquanto que, nesta mesma avaliação, as laranjeiras apresentaram altura menor, devido à acomodação natural dos ramos. Credita-se esse desenvolvimento ao crescimento natural das plantas, não sendo, portanto, efeito da cinza.

Em relação à massa fresca, massa seca e área foliar não foram observados efeitos significativos das doses de cinza incorporadas ao solo (Tabela 12).

Tabela 11. Parâmetros do desenvolvimento da planta em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo.

Tratamentos	Altura da planta m	Diâmetro do tronco cm	Diâmetro da copa m	Volume da copa m ³
Doses de CBCA (D)				
0 t ha ⁻¹	0,88	2,26	0,52	0,13
5 t ha ⁻¹	0,89	2,34	0,55	0,14
10 t ha ⁻¹	0,90	2,32	0,53	0,13
20 t ha ⁻¹	0,91	2,34	0,52	0,13
40 t ha ⁻¹	0,90	2,35	0,54	0,13
F _{doses} ⁽¹⁾	0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	8,98	9,97	16,28	40,00
Época de avaliação (E)				
6 meses	0,93 a	1,74 b	0,36 b	0,04 b
12 meses	0,86 b	2,90 a	0,70 a	0,23 a
F _{época} ⁽¹⁾	56,21 ^{**}	1971,44 ^{**}	594,44 ^{**}	215,60 ^{**}
Interação DxÉ	0,63 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	3,98	4,01	9,22	33,80

⁽¹⁾: ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Massa fresca, massa seca e área foliar das folhas das laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) no solo.

Tratamentos t ha ⁻¹	Massa fresca G	Massa seca g	Área foliar cm ²
0	1,18	0,43	34,75
5	1,18	0,42	34,52
10	1,26	0,46	36,27
20	1,37	0,50	40,28
40	1,26	0,46	36,45
F _{trat} ⁽¹⁾	1,51 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,76 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	11,34	10,90	10,68

⁽¹⁾. ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾: coeficiente de variação.

4.6. Análise Fisiológica das plantas

Não foram observados efeitos significativos das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar na fotossíntese, na concentração interna de CO₂, na condução estomática e na transpiração da planta (Tabela 13).

Como não foi observado efeito da cinza na análise nutricional da planta e no desenvolvimento das laranjeiras, era esperado que não houvesse respostas fisiológicas da planta. A escassez de trabalhos que avaliem o efeito da cinza na fisiologia da planta sugere a necessidade de estudos, que devem ser realizados oportunamente, visando responder estas questões.

Tabela 13. Características fisiológicas das laranjeiras em função da aplicação de doses crescentes de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no solo.

Tratamentos	Fotossíntese $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Condutância estomática $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Concentração Interna de CO₂ $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Transpiração $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Doses de CBCA (D)				
0 t ha ⁻¹	6,03	0,106	249	1,484
5 t ha ⁻¹	6,95	0,110	230	1,628
10 t ha ⁻¹	6,92	0,103	228	1,490
20 t ha ⁻¹	6,64	0,116	249	1,632
40 t ha ⁻¹	7,11	0,113	227	1,588
F _{doses} ⁽¹⁾	1,13 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	18,82	29,48	12,47	23,29
Época de avaliação (E)				
6 meses	6,43	0,093 b	222 b	0,999 b
12 meses	7,02	0,126 a	252 a	2,130 a
F _{época} ⁽¹⁾	1,56 ^{ns}	13,86 ^{**}	11,74 ^{**}	135,27 ^{**}
Interação Dx E	0,79 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,59 ^{ns}
CV ⁽²⁾ (%)	24,81	29,11	13,10	21,98

⁽¹⁾: ** = significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; ⁽²⁾: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Por se tratar de um trabalho sobre o comportamento de um resíduo no solo, cujas características e efeitos sobre o solo e sobre a cultura da laranja ainda não serem totalmente conhecidos, e, devido à escassez de pesquisas que abordem este assunto, reconhece-se a importância da sua continuação e aprimoramento, para a observação dos resultados futuros, a médio-longo prazo.

5. Conclusões

Há aumento nos teores de potássio e magnésio do solo proporcional ao incremento das doses de cinza de bagaço de cana-de-açúcar aplicadas.

A utilização de até 40 t ha⁻¹ de cinza não altera os atributos físicos do solo, a emissão de CO₂, a temperatura, a fotossíntese, a análise foliar e o desenvolvimento das plantas.

6. REFERÊNCIAS

AUGUSTO, L.; BAKKER, M. R.; MEREDIEU, C. Wood ash applications to temperate forest ecosystems – Potential benefits and drawbacks. **Plant Soil**, v. 206, p.181-198, 2008.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part1, 2 ed. ASA, Madison: American Society of Agronomy, 1986, p. 365-375. (Agronomy monograph, 9).

BREMER NETO, H ; MOURAO FILHO, F. A. A. ; STUCHI, E. S. ; SILVA, S.R.da ; AVILÉS, T.C. ; ESPINOZA, N . Desenvolvimento e produção inicial de clones de limeira ácida 'Tahiti' em Bebedouro, SP. In: SBF/INCAPER, 2008, Vitória, ES. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Vitória, ES: DCM/INCAPER, 2008.

BRUNELLI, A.M.M.P.; PISANI JÚNIOR, R. Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. In: **Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental**, 30, 2006, Punta del Leste. Anais. Punta del Leste : Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. v. 1. p. 1-9.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar safra 2011/12, terceiro levantamento, dezembro/2011. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília : Conab 2011a. 20 p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf>, acesso em 21 de novembro de 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: Laranja safra 2011/12, terceiro levantamento (SP), estimativa da safra no Triângulo Mineiro (MG). Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab 2011b. 12p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_17_17_48_56_boletim_laranja_dez_2011.pdf>, acesso em 21 de novembro de 2012.

DAROLT, M. R.; BLANCO, M. R. D. V.; ZAMBOM, N. F. R. A. **Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface**. Horticultura Brasileira, v. 11, n. 1, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 247 p.

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; SILVA, I. P. F. Avaliação da cinza, oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar, na substituição da adubação química convencional para produção de alimentos e preservação do meio ambiente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

FREITAS, E. S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de campos dos goytacazes para uso na construção civil**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo Dos Goytacazes - RJ, 2005.

GOMES, R. P. **Adubos e adubações**. Ed. Nobel, São Paulo, 1973. 187 p.

GOBBI, A.; GROENWOLD, J. A.; MEDEIROS, M. H. F. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar: Contribuição para a sustentabilidade dos materiais de reparo. IN: **VI Congresso internacional sobre patologias e reabilitação de estruturas**. Córdoba, Argentina, 2010. Disponível em: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%203/CINPAR%20126.pdf>, acesso em 24 de junho de 2011.

GUBIANI, P. I.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo – exatidão, precisão e tempo de processamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 664-668, 2006.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. ASA, Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part1, p. 425-442. (Agronomy monograph, 9).

LEAL, C. L. D; CASTRO, P. F. Aproveitamento da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como fíler em concreto asfáltico. **VÉRTICES**, v. 9, n. 1/3, 2007.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S. A. Superfícies de resposta do tangor 'murcott' à fertilização com N, P, e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 164-167, 2004.

MAZZINI, R. B.; RIBEIRO, R. V.; PIO, R. M. A simple and non-destructive model for individual leaf area estimation in citrus. **Fruits**, v. 65, n. 5, 2010, p. 269-275.

OLANDERS, B.; STEENARI, B. M. Characterization of ashes from wood and straw. **Biomass and Bioenergy**, v. 8, n. 2, p. 105-115, 1995.

PANDEY, V. C.; SINGH, N. Impact of fly ash incorporation in soil systems. **Agriculture, ecosystems an environment**, v. 136, p. 16-27, 2010. doi: 10.1016/j.agee.2009.11.013

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. T. Biotechnological potential of agroindustrial residues. In: Sugarcane bagasse. **Bioresource technology**., v. 74, p. 69-80, 2000.

PAULA, M. O.; TINÔCO, I. F. F.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.353–357, 2009.

PIO, R. M.; FIGUEIREDO, J. O; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. B. Variedades copas. In: MATTOS JR., D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JR., J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. un. 1, cap. 3, p. 37-60.

PITA, P. V. V. **Valorização agrícola de cinza da co-combustão de bagaço de cana-de-açúcar e biomassa lenhosa**. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. (Dissertação de Mestrado). Lisboa, 2009.
PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. Editora Unesp, 2009. 408 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, C. O. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Capinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

SILVEIRA, T. **Avaliação de cinza de caldeira de indústria de concentrados de frutas cítricas sobre as propriedades de solo degradado e solo cultivado com cana-de-açúcar**. 2010. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

SYVERTSEN, J. P.; LEVY, Y. Diurnal changes in citrus leaf thichness, leaf potential and leaf to air temperature difference. **J. Expt. Bot.**, v. 33, p. 783-789, 1982.

STEENARI, B. M.; KARLSSON, L.G.; LINDQVIST, O. Evaluation of the leaching characteristics of wood ash and the influence of ash agglomeration. **Biomass and Bioenergy**, v. 16, p. 119-136, 1999.


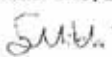
TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, A. E.; SANTOS, G. T. A.; PEÑA, A. F. V.; MIGUEL, A. G. Sugarcane Bagasse Ash as a Potential Quartz Replacement in Red Ceramic. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 91, n. 6, p. 1883-1887, 2008.

TEIXEIRA, S. R.; PEÑA, A. F.; MIGUEL, A. G. Briquetting of charcoal from sugarcane bagasse fly ash (scbfa) as an alternative fuel. **Waste Management**, v. 30, p. 804-807, 2010.

ANEXOS

Anexo A – Classificação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar segundo especificações da ANBT NBR 1004 (2004).

 Laboratório de Análises Ambientais Laudo de Classificação de Resíduos Sólidos		Nº CA 883/2011 	
Interessado:	José Eduardo Corá		
Endereço:	Unesp-Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Zona Rural, Jaboticabal, SP		
DADOS DA AMOSTRA			
Identificação da Amostra:			
Identificação:	Cinzas		
Data da Coleta:	24/1/2011	Hora da Coleta:	10:43
		Data de Recebimento:	24/1/2011
1.0 Origem do Resíduo			
Cinza de bagaço de cana-de-açúcar gerado em caldeira para produção de vapor (energia) em usinas sucro-alcooleiras.			
2.0 Amostragem			
A coleta foi realizada conforme NBR 10007. A armazenagem foi realizada em sacos plásticos, até a chegada no laboratório, onde foram iniciadas as análises imediatamente.			
3.0 Objetivo			
Caracterização do Resíduo conforme ABNT NBR 1004 (2004)			
4.0 Avaliação das Características do Resíduo			
4.1 – Inflamabilidade: A amostra não apresentou a característica Inflamabilidade de acordo com os termos referidos na Norma;			
4.2 – Corrosividade: A amostra apresentou pH (1:1) igual a 9,93 não apresentando a característica Corrosividade de acordo com os termos referidos na Norma;			
4.3 – Reatividade: De acordo com os produtos utilizados no processo industrial e baseados nos resultados analíticos a amostra não apresenta a característica Reatividade;			
4.4 – Toxicidade: A amostra não apresentou a característica Toxicidade de acordo com os termos referidos na Norma;			
4.5 – Patogenicidade: O resíduo não apresentou a característica Patogenicidade de acordo com os termos referidos na Norma;			
5.0 Avaliação Química do Resíduo			
5.1 pH do Extrato			
O pH do extrato solubilizado foi de 6,46.			
5.2 Avaliação do Extrato Lixiviado			
Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite Máximo
Arsênio	<0,002	mg/L	1
Bário	0,746	mg/L	70
Cádmio	0,009	mg/L	0,5
Chumbo	0,241	mg/L	1
Cromo	0,023	mg/L	5
Fluoreto	1,71	mg/L	150
Merúrio	<0,0002	mg/L	0,001
Prata	<0,002	mg/L	0,05
Selênio	<0,0002	mg/L	0,01

		Laboratório de Análises Ambientais Laudo de Classificação de Resíduos Sólidos		Nº CA 727/2011	
Interessado:		José Eduardo Corá			
Endereço:		Unesp-Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Zona Rural, Jaboticabal, SP			
DADOS DA AMOSTRA					
Identificação da Amostra:					
Identificação:		Cinzas			
Data da Coleta:		Hora da Coleta:		Data de Recebimento:	
24/1/2011		10:43		24/1/2011	
5.2 Avaliação do Extrato Solubilizado					
Extrato Solubilizado (NBR 10006)					
Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite Máximo		
Alumínio	0,065	mg/L	0,2		
Bário	0,02	mg/L	0,7		
Cádmio	0,004	mg/L	0,005		
Chumbo	0,058	mg/L	0,01		
Cobre	<0,006	mg/L	2		
Cromo	0,012	mg/L	0,05		
Ferro	0,027	mg/L	0,3		
Manganês	0,006	mg/L	0,1		
Sódio	5,2	mg/L	200		
Zinco	0,01	mg/L	5		
Arsênio	<0,002	mg/L	0,01		
Mercurio	<0,0002	mg/L	0,001		
Prata	<0,002	mg/L	0,05		
Selênio	<0,0002	mg/L	0,01		
Fluoreto	1,18	mg/L	1,5		
Nitrato	0,2	mg/L	10		
Sulfato	420	mg/L	250		
6.0 Classificação					
Considerando os resultados obtidos nos testes realizados, o resíduo pode ser classificado como RESÍDUO NÃO INERTE CLASSE II A.					
<p>O resultado da análise não contempla a incerteza da amostragem.</p> <p>Os resultados obtidos obedecem às técnicas preconizadas pelo "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater" - 21ª Edição, da AWWA (American Water Works Association) e/ou pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, e devem ser interpretados como parte da composição da amostra no momento da análise. Os resultados apresentados restringem-se somente às amostras analisadas.</p> <p style="text-align: center;">É expressamente proibida a reprodução parcial deste certificado.</p> <p style="text-align: center;">Paracatu - MG, 20/06/11</p> <p style="text-align: center;">  Fernando Vilela, MSc CRQ - MG 02102119 Responsável Técnico </p> <p>Campo Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal Ltda, CNPJ: 05.043.119/0001-65 Rua Lindolfo Garcia Adjuto, 1000, Bairro Alto do Córrego, Paracatu - MG, CEP: 36800-000, Telefax: (38) 3671-1164.</p>					

Anexo B – Teores de nutrientes da cinza de bagaço de cana-de-açúcar.



Relatório de Análise

Nº: 716/2011

Cliente: José Eduardo Corá

Solicitante: O Mesmo

Identificação da Propriedade: -

Natureza da Amostra: Cinza de Caldeira

Identificação da Amostra: -

Nº. de Controle: 326

Resultados analíticos

Umidade a 105°C	40,5 %
P ₂ O ₅ – total	0,12 %
K ₂ O	0,27 %
Ca	0,12 %
Mg	0,07 %
S	0,03 %
B	0,002 %
Zn	0,001 %
Fe	0,28 %
Mn	0,01 %
Cu	< 0,001 %
Co	<LQ %
Mo	<LQ %

Observação: Teores referentes ao material tal qual coletado.

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Cadastro do Laboratório no MAPA*: MG 10644-5

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

LQ - Limite de Quantificação -Co- mg.kg⁻¹ - 1,006

Mo - mg.kg⁻¹ - 0,904

Geraldo Jânio E. O. Lima
Crea - MG 34.958

Paracatu, 26 de Julho de 2011.

Anexo C – Teores de metais presentes na cinza de bagaço de cana-de-açúcar.



Relatório de Análise

Nº: 717/2011

Cliente: José Eduardo Corá

Solicitante: O Mesmo

Identificação da Propriedade: -

Natureza da Amostra: Cinza de Caldeira

Identificação da Amostra: -

Nº. de Controle: 326

Resultados analíticos

As	0,28 mg.kg ⁻¹
Cd	<LQ mg.kg ⁻¹
Pb	<LQ mg.kg ⁻¹
Cr	49,65 mg.kg ⁻¹
Ni	3,05 mg.kg ⁻¹
Se	<LQ mg.kg ⁻¹
Hg	<LQ mg.kg ⁻¹

Observação: Elementos determinados na matéria seca a 105°C.

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Cadastro do Laboratório no MAPA*: MG 10644-5

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

LQ - Limite de quantificação: Cd - 0,88

Pb - 4,81

Se - 0,02

Hg - 0,01

Geraldo Jânio E. O. Lima
Crea - MG 34.958

Paracatu, 7 de julho de 2011.

Anexo D – Análise da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como corretivo do solo.



Relatório de Análise

Nº: 800/2011

Cliente: José Eduardo Corá

Solicitante: O Mesmo

Natureza da amostra: Corretivo de Solo

Nº de controle: 326

Identificação da amostra: -

Resultados:

Análises químicas:

CaO %	0,65
MgO %	0,31
Soma de % CaO e % MgO	0,96
Umidade %	24,58

Granulometria:

Peneira	ABNT 10	ABNT 20	ABNT 50
% Passante	99,32	98,18	85,46

PN - Poder de Neutralização: %

2,63

PRNT - Poder relativo de neutralização total:

2,45

A coleta, envio e informações sobre as amostras são de responsabilidade do cliente.

As contraprovas permanecem em nossos arquivos por 90 dias.

Cadastro do Laboratório no MAPA*: MG 10644-5

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Zenildo Lima
 Geraldo Jânio E. O. Lima
 Crea - MG 34.958

Paracatu, 26 de Julho de 2011.