



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

USO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
SUCROALCOOLEIRA NO MANEJO DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO

HÉLIO TEIXEIRA BELAI

CUIABÁ - MT
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

USO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA
SUCROALCOOLEIRA NO MANEJO DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO

HÉLIO TEIXEIRA BELAI
ADMINISTRADOR RURAL

Orientador: Dr. JOÃO CARLOS DE SOUZA MAIA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Mato Grosso,
para obtenção do título de Mestre em
Agricultura Tropical.

CUIABÁ – MT
2006

B425u	<p>Belai, Hélio Teixeira.</p> <p>Uso de subprodutos da indústria sucroalcooleira no manejo de um neosolo quartzarênico órtico típico. / Hélio Teixeira Belai. – Cuiabá: o autor, 2006.</p> <p>74 fls.</p>
	<p>Orientador: Prof. Dr. João Carlos de Souza Maia.</p> <p>Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Campus Cuiabá.</p> <p>Agricultura. 2. Solo. 3. Manejo. 4. Indústria. 5. Setor sucroalcooleiro. 6. Cana-de-açúcar. 7. Subproduto. 8. Resíduo. 9. Vinhaça. 10. Palha. I. Título.</p>
	<p>CDU 633.61</p>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: USO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA
NO MANEJO DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO

Autor: HÉLIO TEIXEIRA BELAI

Orientador: Dr. JOÃO CARLOS DE SOUZA MAIA

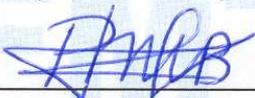
Aprovada em 27 de abril de 2006.

Comissão Examinadora:

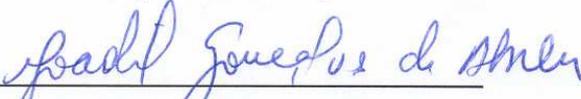


Dr. João Carlos de Souza Maia
(FAMEV/UFMT) (Orientador)

Dr. Aloísio Bianchini
(FAMEV/UFMT)



Dr. Pedro Hurtado de Mendonza Borges
(FAMEV/UFMT)



Dr. Joadil Gonçalves de Abreu
(FAMEV/UFMT)



Dr. Walter Boller (AGR/UPF)

Aos meus pais **Luiz** e **Creuza**, a minha esposa **Lídia**, aos meus filhos **Alefe**, **Gabriel** e **Ana Elize**, e **irmãos**, pelo apoio paciência na minha ausência para estudar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força e pela proteção durante as viagens dos 140.000 km rodados de Campo Novo do Parecis a Cuiabá para fazer o mestrado;

À Universidade Federal de Mato Grosso – **UFMT** e Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – **FAMEV** pela oportunidade de qualificação que me foi dispensada.

Ao professor **Dr. João Carlos de Souza Maia** pelo trabalho de orientação, incentivo, participação e paciência na realização deste trabalho.

À **Coordenação de Pós Graduação** pelo apoio e colaboração sempre que solicitado.

À **Usina Coprodia Ltda**, que disponibilizou toda a estrutura física necessária para a condução do trabalho.

Ao professor **Dr. Cláudio (Unicamp)**, pela ajuda na coleta de dados e medições.

Ao professor **Dr. Joadil** pela cooperação nas análises estatísticas, sugestões e trocas de experiências.

À colega **Maria Beatriz** pela colaboração com informações importantes para o trabalho.

Ao **Sr. Luiz Khol**, Diretor presidente da **Coprodia** pelo apoio dado a toda equipe de trabalho nas coletas de campo, e visitas recebidas na **Coprodia**.

Ao **Sr. Luiz Loro**, Diretor presidente da Coprodia pela oportunidade e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao **Sr. Onivaldo Fernandes**, Gerente industrial, e **Sr. Guilherme**, Gerente agrícola, pelo apoio recebido.

Aos técnicos da **Coprodia Srs. Jean, Elias Grilo, Rafael e Senhorita Carmen**, pela colaboração.

À todos os mestrandos pela ajuda nos trabalhos quando solicitados que não mediram esforços para a realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho **Manoel, Elicio e José Carlos** pela ajuda e cooperação nos trabalhos de coleta no campo e demais solicitações.

À minha família, pela paciência e compreensão, obrigado pelo amor e carinho...

Enfim..., À todos que colaboraram e enviaram energias positivas para este trabalho!

USO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA NO MANEJO DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes tipos de resíduos (subprodutos) remanescentes da industrialização da cana-de-açúcar no manejo de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico. O experimento foi conduzido em uma área de pastagem com *Brachiaria decumbens*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatorze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas sete subprodutos (Testemunha, Vinhaça + Torta, Vinhaça + Cinza, Vinhaça + Fuligem, Vinhaça + Fuligem + Cinza + Palha + Torta, Vinhaça e Solo Natural) e nas subparcelas duas profundidades de amostragem (0 a 10 cm e 10 a 20 cm). Os subprodutos foram incorporados ao solo e a amostragem foi realizada após 7 (sete) meses de incubação. Avaliou-se atributos químicos do solo como fósforo (P), cálcio (Ca), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), enxofre (S), potássio (K), e os atributos físicos como densidade do solo (Ds), macro porosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), agregados (Ag) e resistência mecânica do solo a penetração (Rsp). Os resultados mostraram a influência da profundidade de amostragem do solo sobre os teores de fósforo, cálcio, magnésio, alumínio, densidade do solo, macroporosidade, porosidade total, resistência mecânica do solo a penetração e estabilidade de agregados. Os teores de cálcio e alumínio foram influenciados pelos tratamentos vinhaça + fuligem + cinza + palha + torta; vinhaça e solo natural. Dentre os atributos físicos analisados, a macroporosidade foi significativa em função dos tratamentos e da profundidade de amostragem, já a densidade do solo, porosidade total e resistência mecânica do solo a penetração, foram significativas somente em função da profundidade de analisada.

Palavras-chave: fuligem, cinza, torta, vinhaça, palha.

USE OF SUGARCANE INDUSTRY BYPRODUCTS IN THE MANAGEMENT OF A TYPIC QUARTZIPSAMMENT

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the use of different types of residues (byproducts) resulting from sugarcane industrialization in the management of a Typic Quartzipsamment. The experiment was conducted in a *Brachiaria decumbens* pasture. A random block experimental design was adopted, with fourteen treatments and four replicates. The treatments were laid out in a split-plot arrangement, with byproducts assigned to plots (Control, Stillage+Cake, Stillage+Ash, Stillage+Soot, Stillage+Soot+Ash+Trash+Cake, Stillage, and Natural Soil) and depths assigned to subplots (0 to 10 cm and 10 to 20 cm). The byproducts were incorporated into the soil and sampling was performed after a seven-month incubation period. Soil chemical attributes such as phosphorus (P), calcium (Ca), zinc (Zn), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), boron (B), sulfur (S), and potassium (K), and physical attributes such as bulk density (Ds), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), total porosity (Pt), aggregates (Ag), and soil mechanical resistance to penetration (Rsp) were analyzed. The results showed that soil depth influences phosphorus, calcium, magnesium, and aluminum contents, as well as bulk density, macroporosity, total porosity, soil mechanical resistance, and aggregate stability. Calcium and aluminum contents were influenced by the stillage+soot+ash+trash+cake; stillage; and natural soil treatments. With regard to physical attributes, macroporosity was significant as a function of treatment and sampling depth, while bulk density, total porosity, and soil mechanical resistance to penetration were significant as a function of depth.

Keywords: soot, ash, cake, stillage, trash.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Localização da área Experimental em Campo Novo do Parecis – MT	31
Figura 2 Dados pluviométricos no período de Outubro 2004 a Setembro de 2005	32
Figura 3 Curva de compactação do solo utilizado no Experimento	34
Figura 4 Penetrógrafo modelo SC-60	34
Figura 5 Aparelho de Yooder	35
Figura 6 Vista geral do experimento	37

LISTA DE TABELAS

		Página
		a
Tabela 1	Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0,0 a 20 cm em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	33
Tabela 2	Características químicas do solo em amostras coletadas nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, na área experimental (2005).	33
Tabela 3	Quantidade de cada subproduto utilizado na formulação dos tratamentos.	36
Tabela 4	Composição físico-química da vinhaça.	42
Tabela 5	Composição físico-química dos subprodutos cinza, fuligem e Torta de filtro, provenientes da Usina Coprodia, 2005.	43
Tabela 6	Resumo da análise de variância dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e alumínio (Al), em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	44
Tabela 7	Valores médios dos teores de fósforo (P) em $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	45
Tabela 8	Valores médios dos teores de potássio (K), em $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	46
Tabela 9	Médias dos teores de cálcio (Ca) em $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	47

Tabela 10	Médias dos teores de magnésio (Mg), em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	48
Tabela 11	Médias do teor de matéria orgânica, em $\text{g}.\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	49
Tabela 12	Médias do teor de alumínio (Al) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	50
Tabela 13	Resumo da análise de variância dos dados de densidade do solo (Ds), teores de macroporos (Ma), microporos (Mi), porosidade total (Pt) e resistência do solo a penetração (RSP) em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	51
Tabela 14	Valores médios de densidade do solo (Ds) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	52
Tabela 15	Valores médios de macroporos (Ma) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	53
Tabela 16	Médias de microporos (Mi) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	54
Tabela 17	Médias de porosidade total (Pt) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	55
Tabela 18	Médias da resistência do solo a penetração (RSP) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico	56

	Órtico típico.	
Tabela 19	Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de solo nas peneiras A1 (2 mm), A2 (1mm), A3 (0,5mm), A4 (0,25mm) e A5 (0,125 mm).	57
Tabela 20	Percentagens médias dos agregados do solo retidos na peneira A1 (2mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	58
Tabela 21	Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A2 (1mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	59
Tabela 22	Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A3 (0,5mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	60
Tabela 23	Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A4 (0,25mm) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	61
Tabela 24	Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A5 em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	62
Tabela 25	Correlações entre os principais atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 JUSTIFICATIVA.....	15
3 OBJETIVO E HIPÓTESES	16
3.1 Objetivo.....	16
3.2 Hipóteses.....	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
4.1 Manejo do Solo	17
4.2 Cultura da Cana-de-Açúcar	17
4.3 Resíduos Agroindustriais	19
4.3.1 Palhada.....	19
4.3.2 Torta de filtro.....	20
4.3.3 Cinzas	21
4.3.4 Fuligem	21
4.3.5 Vinhaça.....	22
4.4 Atributos do solo	23
4.4.1 Densidade do solo	23
4.4.2 Macroporosidade	24
4.4.3 Microporosidade	25
4.4.4 Porosidade Total.....	25
4.4.5 Agregados do solo	26
4.4.6 Resistência do Solo à Penetração.....	27
4.4.7 Compactação Solo.....	28
4.4.8 Solos Arenosos em Cana-de-açúcar	29
4.4.9 Umidade do Solo	29
5 MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1 Material	31
5.1.1 Localização e características da área experimental	31
5.1. 2 Equipamentos e instrumentos de medição	34
5.2 Métodos	36
5.2.1 Definição dos tratamentos	36

5.2.2 Instalação e condução do experimento	37
5.2.3 Atributos avaliados.....	38
5.2.3.1 Atributos físicos.....	38
5.2.5 Delineamento Estatístico	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1 Composição físico-química dos subprodutos.....	42
6.2 Atributos químicos	44
6.3 Atributos físicos.....	50
7. CONCLUSÕES.....	64
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com uma área plantada de 5 milhões de hectares e produção de 387.000.000 t em 2005 (ÚNICA 2006) situando-se 2,6 milhões de hectares no Estado de São Paulo (IEA, 2002). O Estado de Mato Grosso, no ano de 2005/06, teve produção de 12.315.471 t, 770.554.000 L de álcool e 10.417.780 sacas de açúcar (SINDALCOOL/MT 2006). A COPRODIA produziu no ano de 2005 a quantia de 120.660.000 L de álcool e 819.615 sacas de açúcar.

A agroindústria sucroalcooleira constitui-se num dos mais importantes setores do agronegócio para a economia primária brasileira. O setor movimenta anualmente 12 bilhões de reais. Considerando somente o Estado de São Paulo, a cadeia de produção de açúcar e álcool responde por 40% do emprego rural e 35% da renda agrícola (Carvalho, 2002). A adubação é um aspecto conhecido, responsável pela alta produção da cana-de-açúcar e adequada nutrição da cultura, tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros.

A produção de resíduos no beneficiamento da cana-de-açúcar, tanto para o álcool quanto para o açúcar é muito volumosa e o aproveitamento desses subprodutos é pouco difundido e aceito pelas empresas, bem como para adubação alternativa dos canaviais (Santos, 1997).

Pode-se afirmar que a agroindústria sucroalcooleira pode ser uma das menos poluentes, dentre todas as indústrias em funcionamento no mundo. Isto se deve ao fato dela poder reciclar, como fertilizante, todos os resíduos

produzidos, como a vinhaça, a torta de filtro, a água de lavagem, as cinzas da caldeira, e até as cinzas que saem dos filtros das chaminés. Por outro lado, o álcool combustível propicia redução na emissão de poluentes primários, e também redução considerável nas chamadas emissões poluidoras reativas (Orlando Filho et al., 1980).

Esses resíduos da cana-de-açúcar, ricos em nutrientes, podem ser perfeitamente aproveitados em solos com baixa fertilidade natural e podem servir para melhorar as características físico-químicas dos principais solos utilizados no manejo da cana nos cerrados.

2 JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação da sociedade mundial com o ambiente vem gerando pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando reduzir ao máximo o uso desses combustíveis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis para diminuir a carga poluidora. Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial (Maule et al., 2001).

Segundo dados da Cooperativa Agrícola dos Produtores de Cana de Campo Novo do Parecis (COPRODIA, 2004) a demanda diária de matéria-prima é de 10.500 t, sendo transformada em 900.000 L de álcool e 450.000 kg de açúcar. Os resíduos produzidos diariamente são: 64 t de fuligem; 3,6 t de cinza; 200 t torta; 8.400 m³ de vinhaça; 9.000 m³ de água residual e 17.400 m³ de vinhaça + água residual. Utiliza-se hoje na Coprodia apenas 3.500 ha em um total de 25.000 ha, sendo irrigado com a vinhaça+água residual, numa proporção de 100 m³.ha⁻¹, sendo que o custo operacional do descarte de resíduos é da ordem de R\$ 24.900,00 (vinte e quatro mil e novecentos reais) mensalmente.

A preservação da palhada, a adição de vinhaça e a incorporação de outros resíduos como a torta de filtro, a cinza e a fuligem podem ser estratégias importantes para as propriedades rurais que poderão diminuir seus custos operacionais e ambientais e ganhar produtividade nas lavouras.

3 OBJETIVO E HIPÓTESES

3.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do uso de subprodutos da indústria sucroalcooleira no manejo de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

3.2 Hipóteses

✓ A incorporação no solo de subprodutos agroindustriais da cana-de-açúcar pode influenciar positivamente as suas condições físico-químicas;

✓ Os atributos físicos e químicos do solo podem variar em função da profundidade de amostragem do solo, como resposta ao uso de subprodutos da indústria sucroalcooleira.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Manejo do Solo

Solos arenosos favorecem a maturação da cana-de-açúcar, sendo que os argilosos, os de baixada e úmidos, embora favoreçam os rendimentos agrícolas, produzem uma matéria prima com menos sacarose ou tem a maturação retardada. Solos irrigados, argilosos e com muita matéria orgânica tendem a atrasar a maturação e apresentar um teor de açúcar menor que os apresentados pelos solos arenosos para cana de mesma idade (Delgado & Delgado, 1999).

A mecanização tem contribuído para o incremento na produtividade dos solos de cerrado, mas os efeitos negativos que poderão aparecer em função do uso inadequado das máquinas e implementos agrícolas poderão inviabilizar o processo de produção em virtude da degradação ambiental, especialmente sobre os solos agrícolas (Maia, 2003).

Os Latossolos apresentam grande variação textural e disparidades quanto à infiltração e capacidade de retenção de água, além de serem profundos em terrenos planos e suavemente ondulados, fatores determinantes quanto ao uso agrícola (Oliveira et al., 1992).

4.2 Cultura da Cana-de-Açúcar

Assim como toda cultura agrícola, a produção da cana-de-açúcar é influenciada por um grande número de fatores ambientais. Alguns desses fatores não são passíveis de manejo, como o clima, enquanto outros, como

o solo e a disponibilidade de água, podem ser manejados para permitir o melhor desempenho da cultura. A busca por altos rendimentos a baixos custos implica em conhecer mais detalhadamente o ambiente no qual a cultura está inserida, com o objetivo de racionalizar as relações entre os diferentes fatores de produção visando o máximo desempenho (Teramoto, 2003).

Para Fernandes (1988), o cultivo da cana-de-açúcar chega a absorver o equivalente a quase um quinto da emissão total do carbono, resultante da queima de combustíveis fósseis no Brasil. Quando eliminarmos de vez, as queimadas, não haverá cultura nenhuma, nem mesmo as florestas, para absorver tamanha quantidade de CO₂ e produzir tanto O₂. Com isso, o objetivo principal é o maior aproveitamento das perdas de matéria prima no processo produtivo de álcool e açúcar.

Delgado & Cezar (1990), salientam que quanto ao solo, tem-se que considerar não somente o tipo, isto é, se ele é arenoso, argiloso ou turfoso, mas também a sua riqueza em matéria orgânica e fertilizantes, os quais atuam na maturação da cana-de-açúcar, retardando-a. Além disso, a exposição e a topografia do terreno são elementos que interferem na maturação. A consistência do solo, refere-se às manifestações apresentadas pelo material constitutivo do solo, resultante das forças de adesão e coesão, segundo sua ação variável nos diversos estados de umidade em que se encontra o material do solo (Oliveira et al., 1992).

Na relação solo-planta da cana-planta, a maior quantidade de raízes favorece a produtividade, porém raízes velhas e suberificadas drenam reservas que poderiam ser usadas para a produção de colmos e folhas. O desenvolvimento do sistema radicular é típico de cada variedade, tanto em quantidade, como em arquitetura, e em algumas variedades ele compete com a parte aérea por fotoassimilados, o que tem conseqüências desfavorecidas para a produtividade e acúmulo de sacarose. A distribuição no perfil do solo das raízes de uma variedade determina grande parte de sua adaptação ao ambiente, tanto em relação às condições climáticas, como ao tipo de solo (Vasconcelos et al., 2002).

4.3 Resíduos Agroindustriais

A utilização de resíduos da indústria, como a vinhaça, já é rotina em muitas regiões canavieiras do País, com aumentos notórios na produção de cana-de-açúcar (Orlando Filho et al., 1983).

A utilização de resíduos no solo deve ser conduzida no sentido não só de eliminar a sua nocividade, mas também de tornar atraente o seu uso, quer como fonte de nutrientes às culturas, quer como condicionadores do solo (Glória, 1992).

4.3.1 Palhada

A preservação da palhada e a adição de vinhaça podem ser estratégias importantes, pois, além do efeito direto da preservação da matéria orgânica na forma de resíduos vegetais no solo, é possível indicar alguns benefícios ambientais e econômicos, tais como: a diminuição dos custos de renovação do canavial, decorrente de sua maior longevidade; a disposição de resíduos poluentes; a reciclagem de nutrientes, a diminuição da emissão de gases, fuligem e a eliminação das perdas de nutrientes, perdas atribuídas à queima da palhada da cana-de-açúcar (Cortez et al., 1992).

Apesar da mineralização de resíduos orgânicos provenientes de restos culturais ser uma importante fonte de nitrogênio para o solo e para a planta, por outro lado, a presença da palhada na superfície do terreno dificulta a incorporação do adubo no solo, e como a uréia tem sido o fertilizante nitrogenado mais utilizado na adubação da cana-de-açúcar, grandes perdas de amônia por volatilização podem ocorrer se este fertilizante for aplicado sobre a palhada. Há, no entanto, possibilidade de se reduzir essas perdas por meio da aplicação da uréia em conjunto com um doador de prótons, como por exemplo a vinhaça, o que pode contribuir na redução de perdas na adubação nitrogenada (Gava et al., 1999).

Observa-se, também, que a colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua tem se expandido principalmente no Estado de São Paulo devido à

legislação vigente, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas, a qual surge da premente necessidade de proteger o meio ambiente. Hoje, com a valorização do bagaço de cana-de-açúcar, por meio da política de compra do excedente de energia elétrica produzida pelas usinas de açúcar e álcool, e sua utilização para outros fins mais nobres (Cortez et al., 1992), as usinas estão atentas para a possibilidade de utilizar palha de cana-de-açúcar para complementar o bagaço nas caldeiras.

4.3.2 Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar, sendo que para cada tonelada de cana moída são produzidos de 30 a 40 kg de torta. É um composto orgânico (85% da sua composição) rico em cálcio, nitrogênio e potássio com composições variáveis dependendo da variedade da cana e da sua maturação. O modo de aplicação do produto é testado de diferentes formas nas unidades de produção, desde a aplicação em área total até nas entrelinhas ou nos sulcos de plantio (Cortez et al., 1992).

Segundo Cortez et al. (1992), a crescente utilização da torta de filtro como substituto de insumos tradicionais a base de potássio dá-se principalmente na operação de plantio, sendo que a mesma é colocada no sulco juntamente com a muda de cana de açúcar. Essa prática propicia bons resultados para a agricultura e as vantagens nutricionais do produto já são conhecidas desde a década de 1970. Porém, a prática de aplicação da torta de filtro e a sua estocagem devem ser rigorosamente controladas, uma vez que esse material é similar à vinhaça, ou seja, possui elevada demanda bioquímica de oxigênio, constituindo-se em uma fonte potencialmente poluidora.

Estudos realizados por Ramalho & Amaral Sobrinho (2001) apontam para um aumento na concentração dos teores de metais pesados em solos que tradicionalmente recebem tratos culturais a base de torta de filtro e um

risco potencial de contaminação do lençol freático, uma vez que esses metais não são absorvidos pela planta e tendem a percolar. Este autor ainda recomenda a utilização desse resíduo na forma de rodízio, evitando a concentração desse material durante seguidas safras na mesma área, e reforça a necessidade de monitoramento nessas áreas a fim de controlar e evitar o aumento de níveis tóxicos de metais pesados no solo.

4.3.3 Cinzas

Segundo Castro (1993), o resto dos componentes do bagaço, no seu conjunto, representa em torno de 10%. O baixo teor dos componentes solúveis em solventes orgânicos, os quais não ultrapassam 3%, o conteúdo de cinzas da ordem de 2 a 3% no bagaço, embora seja superior ao das madeiras, é muito inferior ao da palha, com níveis entre 8 e 15%.

Segundo Delgado & Cezar (1990), como os açúcares invertidos e os componentes minerais (cinzas) estão sempre presentes nas soluções industriais de sacarose (xarope e méis) é de se esperar que a solubilidade desse dissacarídeo dependerá primordialmente da proporção relativa desses componentes. O efeito das cinzas é realmente o de aumentar a solubilidade da sacarose.

4.3.4 Fuligem

Durante a queima de combustíveis hidrocarbonatos a formação de fuligem se desenvolve em três etapas: na fase química ocorre a formação dos antecedentes ou precursores; que na segunda etapa tornam-se núcleos; na condensação, ocorre a formação de partículas de fuligem que é formada de carbono e hidrogênio $C_x H_y$, $C \times \gg Y$. A etapa de geração de antecedentes determina principalmente a velocidade, a quantidade e a composição das partículas de fuligem (Ivanov, 1969).

4.3.5 Vinhaça

A vinhaça é o principal subproduto da agroindústria canavieira por ser um efluente altamente poluidor e apresentar-se em grande volume, dificultando seu transporte e eliminação. É um produto resultante da destilação e fermentação da cana de açúcar no processo de fabricação de álcool, também pode originar-se como subproduto da produção de açúcar sendo eliminada no processo de cristalização do caldo da cana. No geral a vinhaça é rica em matéria orgânica e em nutrientes minerais como o potássio (K), o cálcio (Ca) e o enxofre (S), e possui uma concentração hidrogeniônica (pH) variando entre 3,7 e 5,0 (Ludovice, 1996).

Segundo Cortez et al. (1992), a produção de vinhaça varia em função dos diferentes processos empregados na fabricação do álcool, de maneira geral cada litro de álcool produzido em uma destilaria gera entre 10 e 15 litros de vinhaça. Uma solução é o seu uso na fertirrigação, ou seja, a utilização desse produto rico em matéria orgânica aplicada “in natura” em áreas de plantio de cana.

Características do solo, tais como os teores de potássio e de matéria orgânica, são alterados pela adição de vinhaça (Glória, 1997).

A preocupação com o impacto ambiental da disposição da vinhaça nos cursos d'água é recente. Em fevereiro 1967, no governo de Jânio Quadros, o Decreto Lei nº 303 proibia a disposição de vinhaça “in natura” nos rios, lagos e baixios, buscando evitar a poluição das águas e do meio ambiente. Em 1976, o governo de São Paulo expediu a Lei Estadual 997 e o Decreto nº 8468, instituindo o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente e em março de 1979, a Portaria nº. 53 do MINTER proibiu a aplicação de resíduos “in natura” na agricultura, alimentação de animais e corpos d'água (Freire & Cortez, 2000).

Por se tratar de um método barato e de melhor eficiência na eliminação desses resíduos, a dosagem de vinhaça aplicada por fertirrigação nem sempre é rigidamente controlada. Conforme Szmrecsányi (1994), o uso da vinhaça na prática da fertirrigação apesar de antiga e bem disseminada, não pode ser excessiva ou indiscriminada uma vez que seu potencial

poluidor compromete o meio ambiente, desde as características físicas e químicas do solo até as águas subterrâneas a partir da sua percolação.

Hassuda (1989), com base nos estudos que realizou conclui que a infiltração da vinhaça na água subterrânea inviabiliza sua potabilidade, uma vez que transfere para o lençol freático, altas concentrações de amônia, magnésio, alumínio, ferro, manganês, cloreto e matéria orgânica.

Ludovice (1996), conclui no seu estudo que os solos sob os canais de escoamento de vinhaça são excessivamente suscetíveis a contaminação por percolação da ordem de 91,4%, colocando em risco a potabilidade dos lençóis freáticos.

Já Simabuco et al. (1996), analisando a percolação de vinhaça nas águas subterrâneas durante a safra de 1995 em São João da Boa Vista-SP, por meio de fluorescência de Raios X, constatou a presença de metais pesados em amostras de água do lençol freático. Nota-se que a prática da disposição de vinhaça nas lavouras de cana de açúcar, apesar de trazer em muitos casos um viável retorno econômico na forma de melhorias na produtividade, ocasiona sérios danos ambientais principalmente em áreas de aplicação irresponsável e não controlada.

4.4 Atributos do solo

Entre os atributos do solo, aqueles relacionados aos aspectos físicos, são de extrema importância, no que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, pois os constituintes sólidos do solo interagem com a água e ar e dependendo da forma como eles se associam, sua movimentação no sistema poroso varia. Isso ocorre em função do tipo de solo e das condições de manejo às quais é submetido (Ferreira, 1993). O conhecimento dos atributos do solo e suas implicações com o sistema água-solo-planta são fundamentais para o entendimento e conservação do ambiente.

4.4.1 Densidade do solo

Na cana-de-açúcar, quando a colheita é mecanizada, trafegam tratores e colhedoras nas entrelinhas da cultura. A pressão exercida pelas

máquinas e implementos sobre o solo pode causar a compactação do mesmo. Como consequência, há alteração na densidade do solo decorrente da modificação da sua estrutura (Klein & Libardi, 2002).

O sistema de colheita de cana crua foi desenvolvido com a finalidade de eliminar a queima da cultura, a mobilização superficial dos solos e mantê-los cobertos com restos culturais. Nesse sistema, busca-se a redução da erosão e o aumento do teor de matéria orgânica, pois o sistema provoca a compactação superficial do solo pelo aumento do tráfego de máquinas, e aumento da densidade do solo com respectiva redução de sua porosidade total, a qual poderá restringir o desenvolvimento radicular das culturas (Blair et al., 1998; Blair, 2000; Vasconcelos, 2002).

4.4.2 Macroporosidade

Segundo Klein & Libardi (2002), a compactação do solo acarreta a redução do espaço poroso, principalmente de macroporos, o que afeta as propriedades físicas e hídricas do solo.

Utilizando operações de preparo de solo com subsolagem e gradagem profunda Corsini et al. (1986) verificaram melhorias na distribuição da porosidade apenas em um curto espaço de tempo o que não foi obtido para um tempo mais longo. Estas melhorias, no entanto devem atender os critérios de Trowse Júnior, citado por Dias (2001), onde um solo é inadequado quando o volume dos macroporos diminui a níveis abaixo de 15% da porosidade total.

Segundo Souza et al. (2005), a porosidade total e a macroporosidade do solo sob sistema de colheita de cana crua com incorporação da palhada foram superiores em todas as profundidades. Esses valores são condizentes com menores valores de densidade do solo e maiores teores de matéria orgânica, pois esta atua na estruturação do solo. A maior densidade do solo, nas profundidades estudadas, refletiu-se em menor macroporosidade e aumento da microporosidade no sistema de colheita de cana crua sem incorporação da palhada comparada à cana queimada.

4.4.3 Microporosidade

Camilotti et al. (2005), estudaram o efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo e verificaram que nas camadas do solo abaixo de 10 cm houve sensível redução da macroporosidade com o correspondente aumento da microporosidade após quatro colheitas da cana-de-açúcar, independentemente dos sistemas de preparo do solo e cultivo da soqueira. Após esse mesmo período, houve aumento pronunciado na densidade do solo para as camadas compreendidas entre 20 e 50 cm, independentemente do manejo do solo. O cultivo da soqueira favoreceu o aumento da macroporosidade com subsequente decréscimo na microporosidade, sendo o efeito inverso observado após a colheita.

Ceddia et al. (1999), estudando sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico amarelo no Estado do Espírito Santo, verificaram que a porosidade total do solo diminuiu de forma significativa no tratamento cana queimada, na profundidade de 0-5 cm, o que é coerente com os dados de estabilidade de agregados e densidade do solo. No entanto, ocorreu diminuição significativa no percentual de microporos (0-5 cm).

Paulino et al. (2004), com o objetivo de estudar os efeitos da escarificação na pós-colheita de cana-de-açúcar nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, na distribuição de raízes e na produtividade, concluíram que o manejo de pós-colheita em soqueiras de cana-de-açúcar alterou a densidade do solo, a macro e a microporosidade. A escarificação a 15 cm de profundidade proporcionou maior comprimento de raízes na camada de 25 cm a 50 cm.

4.4.4 Porosidade Total

Segundo Borges et al. (1999), a compactação proporciona redução de maneira linear, da porosidade total e do espaço de aeração. Uma vez alteradas a porosidade e a densidade do solo, as propriedades de

condutividade hidráulica do solo também variam (Reynolds et al., 1994; Bagarello, 1997).

Ainda citado por Tasso Junior (2003), verificou que o revolvimento do solo promove uma diminuição da porosidade de certos solos tropicais e que após dez anos de cultivo contínuo as áreas que sofreram preparo do solo apresentaram densidades altas, entretanto mais baixas no início de cada plantio.

Um diagnóstico qualitativo (distribuição espacial das estruturas no perfil do solo) e quantitativo (grau de compactação do solo) é necessário não só para verificar a qualidade do manejo utilizado, mas também para auxiliar o estabelecimento de limites de compactação que não afetem o desenvolvimento radicular das plantas nos diferentes sistemas de manejo (Tavares Filho et al., 2001).

4.4.5 Agregados do solo

O solo é constituído por partículas unitárias (areia, silte e argila), as quais constituem a estrutura do solo. A agregação (união) dessas partículas forma os agregados do solo (Brady, 1989).

Mendonza et al. (2000), trabalhando em um Podzólico Amarelo, verificaram na profundidade de 0 a 10 cm, aumento na fração húmica e ácidos fúlvicos na matéria orgânica no sistema de colheita de cana crua, os quais são importantes na agregação do solo.

Segundo dados de Corrêa (2002), Tisdall & Oades (1982) e Fuller et al. (1995), a maior estabilidade de agregados nos sistemas de colheita de cana crua, com e sem incorporação da palhada, pode ser explicada pelo maior teor de matéria orgânica observado nestes sistemas.

A estabilidade de agregados na profundidade de 0 a 10 cm foi superior no sistema de colheita de cana crua com incorporação da palhada, seguida da colheita da cana crua sem incorporação da palhada e do sistema de colheita com queima da cana (Souza et al., 2005). Segundo os autores o comportamento do diâmetro médio geométrico (DMG) e do diâmetro médio ponderado (DMP) foi similar ao da estabilidade de agregados. As

modificações da classe de agregados de maior diâmetro (agregados >2 mm) no sistema de colheita de cana queimada, contribuíram para um maior percentual de agregados na classe entre 1–2 mm e agregados <1 mm.

Blair (2000), também verificou DMG 30% superior no sistema de colheita de cana crua, quando comparado ao sistema de colheita de cana queimada, na profundidade de 0 a 10 cm, após seis anos de cultivo.

4.4.6 Resistência do Solo à Penetração

A resistência mecânica do solo à penetração é inversamente proporcional ao teor de água no solo (Imhoff et al., 2001), e está diretamente relacionada com o crescimento das plantas, sendo modificada pelos sistemas de preparo do solo (Letey, citado por Tormena et al. (2002)). No entanto, alguns pesquisadores sugerem que a resistência do solo a penetração das raízes é o fator limitante ao crescimento radicular (Voorhees, 1983). O valor de 2,0 MPa tem sido aceito como limite crítico de resistência mecânica do solo à penetração, onde valores superiores promoveriam restrições ao desenvolvimento das raízes (Taylor et al., 1966; Nesmith, 1987).

O sistema de colheita também tem grande influência sobre as características físicas do solo (Vasconcelos, 2002). O autor comenta que se por um lado, a colheita de cana crua e a menor movimentação do solo nas soqueiras podem contribuir em práticas conservacionistas, por outro, o tráfego de máquinas de colheita pode favorecer uma maior compactação e desarranjo da estrutura do solo, contribuindo para um aumento de resistência ao crescimento radicular e de aeração do solo.

Segundo Iaia (2003), os resultados de resistência do solo à penetração, mostraram-se diferenciados nas profundidades estudadas indicando que o peso dos veículos e máquinas e a pressão dos rodados provocaram alterações no perfil do solo, onde o tratamento com dois cortes, nos dois solos estudados apresentou na camada superior maiores valores de resistência do solo à penetração, já no tratamento com quatro cortes os valores são maiores na faixa mais profunda.

4.4.7 Compactação Solo

Em virtude de alterações nas propriedades do solo, é comum a presença de uma camada compactada na parte superior do seu perfil. Nestas áreas, os valores de densidade do solo são mais elevados, a aeração é prejudicada, bem como a penetração e a proliferação de raízes (Corsini, 1993; Corsini & Ferraudo, 1999). Desta forma, a compactação tem sido considerada um dos principais fatores que afetam a produtividade da cana-de-açúcar (Verma, 1995; Albuquerque & Reinert, 2001).

Segundo Oliveira et al. (1992), a consistência do solo varia segundo o grau de umidade (seco, úmido e molhado). No estágio seco, a manifestação de consistência que o material exhibe refere-se à rigidez ou a fragilidade; no estágio úmido, a manifestação de consistência refere-se às deformações que a amostra do solo suporta antes de romper-se e é expressa pela friabilidade ou pela firmeza do material do solo e no estágio molhado, duas são as modalidades de manifestação de consistência que o material do solo comporta: na forma pastosa, menos fluida e mais fluida, refere-se à adesividade, expressa pela denominada pegajosidade do material pastoso.

Silva et al. (2000), constataram que o efeito da diminuição da compactação pode ser anulado por uma única passagem do pneu da colhedora. Com a modernização da agricultura, o peso das máquinas e equipamentos assim como a intensidade de uso do solo tem aumentado. Esse processo não foi acompanhado por um aumento proporcional do tamanho e largura dos pneus, resultando em maior risco à compactação do solo e redução da produtividade das culturas.

Para Resende et al. (1997), quanto mais argiloso um solo, maior a expressão das forças de coesão e da adesão. Para solos com o mesmo teor de argila, quanto mais novo ele for, isto é, quanto menos intemperizado e mais rico em argilas mais ativas, maior vai ser a expressão das forças de coesão e adesão.

Vasconcelos (2002), estudando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de

colheita, crua mecanizada e queimada manual, verificou que a alteração do sistema de colheita da cana queimada manual para cana crua mecanizada reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de matéria orgânica no solo. O elevado tráfego de máquinas e veículos de transbordo causa aumento da densidade do solo até a profundidade de 40 cm.

4.4.8 Solos Arenosos em Cana-de-açúcar

Trivelin et al. (2002), estudando a utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura, concluíram que a cana-planta respondeu à adubação nitrogenada em produção de colmos e rendimento em açúcar, independentemente do tipo e quantidade de resíduos da cultura incorporados ao solo; que a adubação nitrogenada, associada à incorporação de resíduos culturais ao solo, fez com que a cana-planta utilizasse maior quantidade total de N.

Segundo Korndörfer et al. (2000), com o objetivo de estudar o efeito do cimento como fonte de Silício (Si) para cana-de-açúcar cultivada em uma areia quartzosa da região de Serrana/SP, e seus efeitos no controle de pragas (broca), produção agrícola e qualidade da matéria prima, os autores concluíram que não foi observado efeito do Silício no controle da broca na cana-de-açúcar. No solo, o silício-extraível (Si), cálcio-trocável (Ca) e pH aumentaram com as doses de cimento e a produtividade agrícola das variedades diminuiu na seguinte ordem: RB72454, SP79-1011 e SP71-6163.

4.4.9 Umidade do Solo

A umidade do solo é condição indispensável para a vida do solo sendo responsável para a ocorrência dos processos físicos, químicos e biológicos. No entanto, o seu excesso afetará os processos supracitados prejudicando, de maneira geral, o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois afetará as atividades microbiológicas e o crescimento radicular,

reduzindo assim o volume de solo explorado pelas raízes para absorção dos nutrientes.

Outro problema gerado pelo excesso de umidade é a compactação do solo. A suscetibilidade do solo à compactação quanto aos indicadores de trafegabilidade (pressão de preconsolidação e compressibilidade), é diretamente influenciada pelo teor de argila, densidade e teor de umidade do solo (Imhoff, 2002).

Segundo Iaia (2003), a umidade influenciou os valores de resistência do solo, indicando que nas faixas onde ocorreu maior umidade as mesmas apresentaram menor resistência do solo à penetração, independente do número do corte, e que se não for considerada pode levar a conclusões equivocadas quanto aos níveis de compactação que ocorrem nos solos.

Segundo Souza et al. (2005), no sistema de colheita de cana crua com e sem incorporação da palhada, verifica-se maior retenção de água comparada à cana queimada, em que ocorre menor infiltração de água e maiores valores de densidade e matéria orgânica no solo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Localização e características da área experimental

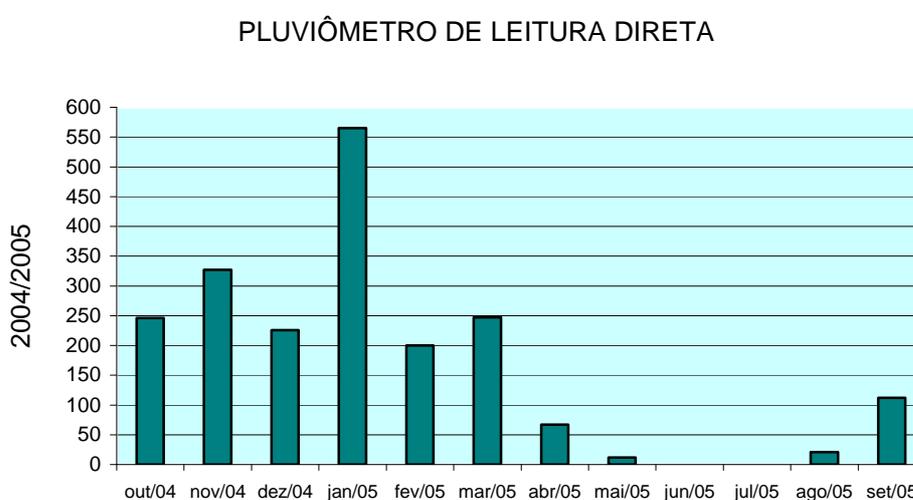
O experimento foi conduzido na Cooperativa Agrícola dos Produtores de Cana de Campo Novo do Parecis – MT, (COPRODIA), localizado a 384 km da capital do estado de Mato Grosso, à margem esquerda da rodovia MT 170 (Figura 1).



FIGURA 1. Localização da área Experimental em Campo Novo do Parecis - MT.

O experimento foi situado na latitude sul, S 13°47'215" e longitude oeste, W 057°49'604", com altitude média de 576 m. A temperatura média anual é de 24°C, sendo a maior de 38°C e a menor de 7°.

O clima da região foi classificado como tropical úmido (Ferreira, 1997). A precipitação pluviométrica média anual é de 2.000 a 2.400 mm, com intensidade máxima em novembro, janeiro e março, conforme mostra a Figura 2.



Fonte: Prefeitura de Campo Novo do Parecis - MT.

FIGURA 02. Dados pluviométricos do município de Campo Novo do Parecis – MT no período de Outubro 2004 a Setembro de 2005.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico (EMBRAPA, 1999), com topografia plana, suavemente ondulada. Esse solo não se enquadra nas outras classes de Neossolos Quartzarênicos órticos, pois é um profundo de cor amarela, de constituição areno-quartzosa, destituído de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo.

Na Tabela 1 encontram-se os valores da análise granulométrica do solo onde foi realizado o experimento. Observa-se que 87,8% da fração arenosa é composta por areia fina e média.

TABELA 1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Frações texturais		Quantidade (g.kg ⁻¹)
Argila		158
Silte		33
Areia	Areia muito grossa	0
	Areia grossa	43,9
	Areia média	392,4
	Areia fina	318,0
	Areia muito fina	54,7

A Tabela 2 registra as características químicas da área experimental, antes da incorporação dos subprodutos ao solo. Observa-se que o valor do fósforo na camada de 0 a 10 cm está acima dos teores médios normais para este tipo de solo. No entanto, as análises foram repetidas e os valores registrados confirmados.

TABELA 2. Características químicas do solo em amostras coletadas nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, na área experimental (2005).

Profundidade.	pH (H ₂ O)	pH (C _a Cl ₂)	P mg.dm ⁻³	K 19	C _a +M _g c.mol.c.dm ⁻³	C _a 0,7	M _g 0,3	Al 0,4	H 2,4	H+ Al 4,5	M.O g.dm ⁻³ 10,5
0 a 10 cm	5,2	4,5	28,2	19	1,0	0,7	0,3	0,4	2,4	4,5	10,5
10 a 20 cm	5,1	4,5	4,7	8	0,4	0,2	0,2	0,4	1,3	3,1	4,8

A Figura 3 caracteriza as condições físicas de compactação desse solo em função da variação de umidade, determinado pela curva Proctor normal conforme ABNT 7182 (1986). O valor máximo da densidade do solo (1,95 kg.dm⁻³) foi obtido quando a umidade alcançou 9,3%.

As análises foram feitas nas duas profundidades estudadas, sendo a resposta igual para ambas.

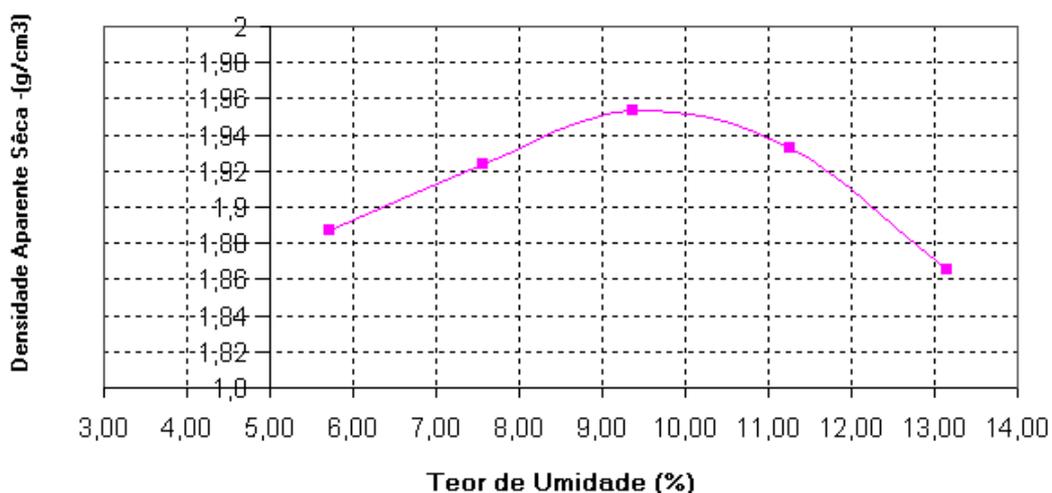


Figura 3. Curva de compactação do solo utilizado no experimento.

5.1. 2 Equipamentos e instrumentos de medição

Para a determinação da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, foram coletadas amostras com anéis de Kopeck com volume de 100 cm^3 , para introduzi-los no solo, utilizou-se um trado manual com bocal para acondicionamento dos mesmos.

Para a coleta de dados da resistência mecânica do solo a penetração, foi utilizado um penetrógrafo da marca SOIL CONTROL^R – PENETROGRAPHER^{PAT} SC- 60, padrão ASAE S 313 (Figura 4), que ponta cônica com diâmetro de base de 12,83 mm e ângulo de penetração de 30° .

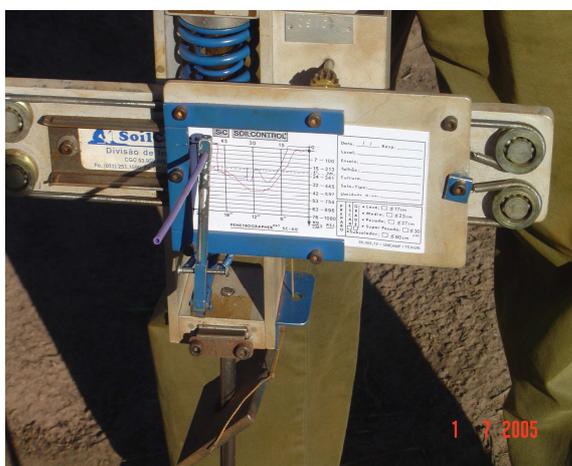


FIGURA 4. Penetrógrafo modelo SC-60.

O equipamento utilizado na determinação da porcentagem de agregados estáveis a água, foi o aparelho de Yooder. No eixo está ligada uma haste vertical que sustenta dois jogos de peneiras com malhas de 2,0 mm; 1 mm; 0,5 mm; e 0,125 mm, conforme mostra a Figura 5.



FIGURA 5. Aparelho de Yooder.

Para a determinação da macroporosidade do solo, foi utilizada a mesa de tensão, que constitui-se de uma mesa com tampão de madeira, contendo um furo central de 3 mm diâmetro, que se comunica com um tubo de 1,5 mm de diâmetro interno, ligado a um tubo plástico transparente para a visualização da movimentação da água. Este por sua vez é ligado a um frasco de filtração a vácuo cheio de água. Esse frasco liga-se a uma torneira para o fornecimento de água ao aparelho, há ainda um terceiro tubo flexível provido de uma pinça. Finalizando, do gargalo do frasco sai um último tubo flexível que tem o papel de eliminar a água succionada, a qual é eliminada pelo tubo de descarga (Kiehl, 1979).

No presente trabalho utilizou-se um trator agrícola da marca Valtra 1880 S, com tração 4 x 2 TDA, com sistema de levante hidráulico, com potência do motor de 100 CV, operando a 2300 RPM e marcha 2 M, com pneus dianteiro 18,4/26 traseiro 24,5/32 e peso de 4.000 kg. No qual foi

acoplada uma grade niveladora leve, de 36 discos de 18 polegadas, com 2,25 m de largura de trabalho.

5.2 Métodos

5.2.1 Definição dos tratamentos

De acordo com as quantidades dos subprodutos descritas na Tabela 3, foram definidos sete tratamentos, a saber:

- ✓ Tratamento 1 - Testemunha;
- ✓ Tratamento 2 - Vinhaça + Torta;
- ✓ Tratamento 3 - Vinhaça + Cinza;
- ✓ Tratamento 4 - Vinhaça + Fuligem;
- ✓ Tratamento 5 - Vinhaça + Fuligem + Cinza + Palha de cana-de-açúcar + Torta;
- ✓ Tratamento 6 - Vinhaça;
- ✓ Tratamento 7 - Área não mobilizada.

TABELA 3. Quantidade de cada subproduto utilizado na formulação dos tratamentos.

Subproduto	Quantidade
Vinhaça	80.000 L/ha
Torta	13.333 kg/ha
Cinza	13.333 kg/ha
Fuligem	13.333 kg/ha
Palha de cana-de-açúcar	10.000 kg/ha

Para comparar o efeito de diferentes proporções de subprodutos no solo foram reservadas duas áreas, uma testemunha que foi mobilizada com incorporação manual (enxada) do calcário e outra que não foi mobilizada, permanecendo em condições naturais.

No presente trabalho considerou-se, ainda, a variação dos atributos físico-químicos em função da profundidade. Neste sentido foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm.

5.2.2 Instalação e condução do experimento

Em 03/10/2004, foi aplicado glyphosate (Roundup WG) na área experimental, exceto na área natural, na dose de 3 L/ha para eliminar a vegetação na área experimental, que era coberta por capineira *Brachiaria decumbens*. No dia 10/10/2004, fez-se uma gradagem leve e em seguida os resíduos remanescentes foram enleirados manualmente e distribuiu-se calcário dolomítico na dose de 1,5 t/ha, que foi incorporado com gradagem leve. Após 70 dias, aplicou-se uma adubação NPK 30-60-40 associada com os subprodutos: vinhaça, torta, cinza, fuligem e palha conforme quantidade especificada em cada tratamento. As doses foram baseadas na análise química do solo (Tabela 2).

As parcelas com dimensões de 2,0 m X 1,5 m foram demarcadas após a incorporação do calcário e com a incorporação manual dos subprodutos, permaneceram limpas durante o tempo de execução do experimento, conforme Figura 6.



FIGURA 6. Vista geral do experimento.

5.2.3 Atributos avaliados

Sete meses após a incorporação dos subprodutos no solo, foram coletadas amostras em duas profundidades (0 a 10 cm e de 10 a 20 cm) para avaliação dos atributos químicos (Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e alumínio (Al)) e dos atributos físicos: Densidade do solo (D_s), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), agregados estáveis em água (A), resistência mecânica do solo a penetração (RMSP). Também foi determinada a curva de compactação utilizando o método do Proctor Normal (ABNT NBR 7181)

5.2.3.1 Atributos físicos

A densidade do solo foi determinada utilizando-se o método do anel volumétrico (Kopeck), conforme metodologia descrita em EMBRAPA, 1999. Os anéis possuíam volume de 100 cm^3 , foram coletados (56) amostras, sendo que para cada parcela retirou-se uma amostra por profundidade.

A densidade do solo foi determinada segundo a eq. (1)

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \dots\dots\dots [1]$$

Onde:

D_s – Densidade do solo ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$);

M_s – Massa de sólidos do solo (peso seco do solo);

V_t – Volume total do solo (volume do anel – 100 cm^3).

Para determinação da macroporosidade e da microporosidade, utilizou-se a metodologia da mesa de tensão. A análise foi realizada com as mesmas amostras retiradas para determinação da densidade, conforme metodologia descrita por Kiehl (1979). Estas permaneceram por 24 h em bandejas com água para saturar todos os espaços (macro e microporos). Após este período, foram pesadas e levadas para a estufa onde ficaram por mais 24 h sob temperatura de 105°C . A macroporosidade foi determinada por meio da eq. (2).

$$Ma = \left[\frac{P1 - P2}{V} \right] \times 100 \dots\dots\dots[2]$$

Onde:

- Ma - Macroporosidade (%);
- P1 - Peso solo saturado (g);
- P2 - Peso após mesa tensão (g);
- V - volume do anel de Kopeck.

A microporosidade do solo, considerada como sendo o volume de água retido pelos microporos, foi determinada por meio da eq. (3).

$$Mi = \left[\frac{P2 - P3}{V} \right] \times 100 \dots\dots\dots[3]$$

Onde:

- Mi - Microporosidade (%);
- P2 - Peso após mesa tensão (g);
- P3 - Peso solo seco (g);
- V - volume do anel Kopeck.

A análise dos agregados estáveis em água foi obtida pelo método da via úmida. A avaliação da estabilidade dos agregados foi feita por meio da porcentagem de agregados via úmida, segundo Camargo et al. (1986).

Inicialmente, foram pesadas três amostras representativas, secas ao ar, bem homogeneizadas, de 50 g de agregados que passaram pela peneira de 4 mm. Uma amostra foi levada para estufa a temperatura de 105°C por 24 horas e em seguida foi esfriada em dessecador e pesada. O peso dessa amostra foi utilizado no cálculo da porcentagem dos agregados. As outras duas amostras foram colocadas na parte superior de cada conjunto de peneiras de malhas de 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e 0,125 mm no aparelho oscilador vertical Yooder, que contém um eixo excêntrico ligado a uma haste vertical. Esse jogo de peneiras foi colocado dentro de um balde contendo água de tal forma que o solo contido na peneira de 2,0 mm foi umedecido por capilaridade por 4 minutos, posteriormente ligou-se o

aparelho de oscilação vertical graduado para uma amplitude de 4 cm de altura e uma frequência de 32 oscilações por minuto, mergulhando o conjunto de peneiras e depois subindo até aflorar acima da superfície da água. A fração de solo retida em cada peneira foi transferida para vasilhas de alumínio de peso conhecido, as quais foram colocadas para secar por 24 horas em uma estufa a 105°C e esfriadas em um desse cadour.

A determinação da percentagem de agregados por via úmida foi realizada utilizando o peso dos agregados retidos nas peneiras de malhas de 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e 0,125 mm, divididos pelo peso do solo da terceira amostra para cada camada, conforme a eq. (6), preconizada pela EMBRAPA (1999):

$$A = \frac{Au}{As} \times 100 \dots \dots \dots [6]$$

Onde:

A = agregados (%);

Au = massa de agregados retidos em cada peneira (g);

As = massa da amostra inicial (g).

Para determinação da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), utilizou-se um penetrógrafo da marca SOIL CONTROL, modelo SC-60, padrão ASAE S 313, mencionada por Balastreire (1987). Nos testes utilizou-se velocidade de penetração constante de 30 mm/s. Foi calculada a resistência mecânica do solo à penetração em cada amostra, nas duas profundidades estudadas.

A determinação da curva de compactação do solo foi realizada no Laboratório de Física do Solo, no Departamento de Engenharia Civil da UFMT. O ensaio de compactação do solo adotado foi o método do Proctor Normal (ABNT NBR 7182, 1986) por meio do qual se verifica qual percentagem de umidade em que o solo atingirá sua densidade máxima.

Os materiais utilizados para esse ensaio são: cilindro com volume conhecido, base, colar, soquete de 2,45 kg, peneira de malha de 4,0 mm,

extrator hidráulico, balança com capacidade para até 10 kg, espátula e cápsulas para determinação da umidade gravimétrica.

A umidade do solo foi determinada pelo método descrito em EMBRAPA (1999), por meio da eq. (7).

$$U = \left(\frac{mu - ms}{ms} \right) \times 100 \dots \dots \dots [7]$$

Onde:

U - umidade do solo (%);

mu - massa de solo úmido (g);

ms - massa de solo seco (g).

5.2.5 Delineamento Estatístico

Para a análise estatística dos dados coletados adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com (7) tratamentos definidos anteriormente e nas subparcelas (2) profundidades de amostragem, com (4) repetições, totalizando 56 observações para cada atributo do solo avaliado.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F (Fischer). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott, conforme metodologia descrita por Banzato & Kronka (1992). Ambos os testes foram realizados para o nível de significância de 1% e 5%. No processamento analítico dos dados foram utilizados os recursos da planilha eletrônica Excel 2003 da Microsoft e do programa SAEG, desenvolvido por Ribeiro Júnior (2001).

Para a análise de variância da porcentagem de agregados retidos nas peneiras A1, A2, A3, A4 e A5, a hipótese da homogeneidade de variâncias não foi atendida teste de Cochran e Barlett havendo necessidade da transformação angular segundo a equação ($\arcseno \sqrt{x/100}$).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Composição físico-química dos subprodutos

Na Tabela 4 é apresentada as características físico-químicas do subproduto vinhaça incorporado ao solo.

TABELA 4. Composição físico-química do subproduto vinhaça.

Ensaio	Valores
pH	3,95
Condutividade elétrica ($\mu\text{s}.\text{cm}^{-1}$)	2.400
Nitrogênio total (g/L)	3,70
Fósforo total (P_2O_5) (g/L)	4,6
Potássio total (K_2O) (g/L)	1,94
Cálcio total (CaO) (g/L)	7,96
Magnésio total (MgO) (g/L)	1,52
Demanda Química de Oxigênio (mg/L) DQO	24.800
Sólidos totais (g/L)	79,62
Sólidos Solúveis (g/L)	25,90
Sólidos não solúveis (g/L)	9,74
Matéria orgânica nos sólidos (%)	68,91
Teor de carbono (%)	39,20
Teor de enxofre (%)	0,10
Teor de cinzas (%)	17,40
Teor de Hidrogênio (%)	7,23
Energia total ($\text{Kcal}.\text{Kg}^{-1}$)	3.084

O teor de 68,91% de matéria orgânica nos sólidos encontrado na vinhaça (tabela 4) é considerável, e os teores de fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), e magnésio (Mg) podem ser representativos quando se tratar de aplicações contínuas em lavoura de cana-de-açúcar.

Estima-se que a aplicação de resíduos da indústria sucroalcooleira sob forma líquida em solos de cerrado varia de 60.000 a 150.000 litros por hectare, o que representaria uma aplicação média de 483 Kg/ha de P_2O_5 , 203,7 Kg/ha de K_2O , 835,80 Kg/ha de CaO e 159,6 Kg/ha de MgO.

A Tabela 5 registra a composição físico-química dos subprodutos cinza, fuligem e torta de filtro, incorporados ao solo.

TABELA 5. Composição físico-química dos subprodutos cinza, fuligem e Torta de filtro.

Ensaio	cinza	fuligem	Torta de filtro
Matéria seca (g / 100g)	89,63	61,49	17,58
Proteína bruta (%)	0,00	0,00	1,83
Fibra bruta (%)	0,00	0,08	22,14
Extrato Etéreo (%)	0,00	0,00	1,06
Matéria Mineral (%)	37,92	29,14	3,90
Extrato não nitrogenado (%)	81,94	72,69	8,75
Fibra em detergente neutro (%)	0,00	0,00	10,50
Fibra em detergente ácido (%)	0,00	0,00	11,64
Celulose (%)	0,00	0,02	4,11
Lignina em detergente ácido (%)	0,00	0,00	0,98
Nitrogênio (%)	0,00	0,01	0,53
Fósforo (%)	0,34	0,57	0,79
Potássio (%)	1,16	1,22	0,19
Cálcio (%)	0,08	0,11	0,88
Magnésio (mg / Kg)	0,03	0,05	0,13
Enxofre (mg / Kg)	0,00	0,003	0,15
Zinco (mg / Kg)	0,001	0,001	0,0048
Boro (mg / Kg)	0,001	0,001	0,00013
Molibdênio (mg / Kg)	0,000	0,000	0,012
Cobre (mg / Kg)	0,017	0,020	0,004
Ferro (mg / Kg)	719,2	891,5	2,2

Verifica-se que os principais elementos químicos tais como o fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foram encontrados em baixos teores nos subprodutos cinza, fuligem e torta de filtro (Tabela 5). O maior percentual registrado foi para o potássio nos subprodutos cinza (1,16%) e fuligem (1,22%) e a menor concentração registrada foi para o magnésio principalmente para o subproduto cinza (0,03 mg/kg).

6.2 Atributos químicos

A Tabela 6 registra a análise de variância dos dados referentes aos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (M.O.) e alumínio (Al).

TABELA 6. Resumo da análise de variância dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e alumínio (Al), em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

FV	Quadrados médios					
	P	K	Ca	Mg	MO	Al
	mg.dm ⁻³		cmol _c .dm ⁻³		g.dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³
Bloco	40,3347	116,9762	0,4916	0,0376	52,9392	0,0433
Tratamentos	20,6995	132,9524	1,2521**	0,0550	51,7332	0,1845**
Resíduo A	46,6947	592,6428	0,1883	0,0631	38,9429	0,0472
Profundidade	2943,50**	817,786**	2,3616**	0,286**	187,6116**	0,1028**
TxP	9,2950	27,4524	0,1032	0,0074	3,3395	0,0120
Resíduo B	11,9905	83,9762	0,0630	0,0081	4,8360	0,0074
CV (a)	16,81	105,03	29,17	35,91	30,23	112,68
CV (b)	8,52	39,54	16,88	12,85	10,65	44,55

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

Os subprodutos influenciaram significativamente os teores de cálcio e alumínio e todos os atributos químicos foram afetados pelas profundidades de amostragem.

É provável que o método de incorporação do calcário na área experimental não tenha produzido o efeito desejado de homogeneizar o

produto em todo o perfil do solo, causando efeitos de variação dos teores de alumínio.

O uso da gradagem na incorporação do calcário em solos arenosos tem produzido efeitos satisfatórios, porém o tamanho da área experimental pode ter influenciado dinâmica do movimento dos discos e isso pode ter afetado a profundidade e homogeneização do produto no solo.

Os teores de fósforo em função dos diferentes tratamentos estudados e da profundidade de amostragem estão representados na Tabela 7.

TABELA 7. Valores médios dos teores de fósforo (P) em mg.dm^{-3} , em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	P (mg.dm^{-3})		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	50,52	35,75	43,13 a
2	50,22	33,45	41,83 a
3	48,15	32,65	40,40 a
4	48,67	31,37	40,02 a
5	47,92	35,17	41,54 a
6	44,75	32,82	38,78 a
7	45,10	32,62	38,86 a
Médias	47,90 A	33,40 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

O fósforo (P) é um elemento químico presente nos subprodutos estudados, mas com baixa quantidade na composição dos mesmos. A torta de filtro foi o que apresentou maior concentração de fósforo (0,79 % de P_2O_5), porém não foi suficiente para causar um efeito significativo no teor desse elemento no solo, pois não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 7).

Ao analisar os teores de fósforo (P) nas duas camadas estudadas, verificou-se $47,9 \text{ mg.dm}^{-3}$ na profundidade de 0 a 10 cm e $33,40 \text{ mg.dm}^{-3}$ na profundidade de 10 a 20 cm. Esse resultado se deve provavelmente aos problemas ocorridos na incorporação do calcário, pois os níveis de alumínio na camada de 10 a 20cm são maiores do que na camada de 0 a 10cm (Tabela 12), o que pode ter levado à fixação do fósforo. Além disso, o fósforo é um elemento químico com baixa capacidade de mobilização, o que também pode justificar esses valores.

As médias dos teores de potássio (K) em função dos subprodutos e profundidades estudadas podem ser verificadas na Tabela 8.

TABELA 8. Valores médios dos teores de potássio (K), em mg.dm^{-3} , em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	K (mg.dm^{-3})		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	29,25	24,75	27,00 a
2	23,00	16,25	19,62 a
3	31,50	17,75	24,62 a
4	31,00	20,25	25,62 a
5	30,50	25,25	27,87 a
6	21,75	18,25	20,00 a
7	22,00	13,00	17,50 a
Médias	27,00 A	19,36 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Ao analisar os teores médios de potássio nas profundidades estudadas, foram constatadas diferenças significativas entre a profundidade de 0 a 10 cm ($27,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) e a profundidade de 10 a 20 cm ($19,36 \text{ mg.dm}^{-3}$). Uma possível explicação para essa diferença é a maior quantidade de matéria presente na camada superficial (Tabela 11), pois segundo Hernani

et al. (1995) a matéria orgânica é capaz de influenciar de forma positiva a retenção de nutrientes e diminuir as perdas por lixiviação.

Uma das propriedades importantes da matéria orgânica do solo é a capacidade desta de formar complexos e quelatos com íons metálicos do solo, tanto nutrientes quanto tóxicos, podendo até mesmo controlar sua disponibilidade para as plantas (Matzner, 1992; Dobrovól'skii, 1997).

As médias dos teores de cálcio encontradas no solo em função dos subprodutos incorporados e das profundidades estudadas podem ser vistas na Tabela 9.

TABELA 9. Médias dos teores de cálcio (Ca) em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Ca ($\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	2,10	1,77	1,94 a
2	1,80	1,37	1,58 a
3	2,02	1,37	1,69 a
4	2,25	1,47	1,86 a
5	1,52	1,22	1,37 b
6	1,00	0,87	0,93 b
7	1,15	0,87	1,01 b
Médias	1,69 A	1,28 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Os tratamentos 1, 2, 3 e 4 apresentaram teores de cálcio de 1,94; 1,58; 1,69 e 1,86 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente, sendo superiores aos demais tratamentos.

Semelhante aos demais atributos químicos, verificou-se maior teor de cálcio na profundidade de 0 a 10 cm (1,69 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) em relação a profundidade de 10 a 20cm que foi de 1,28 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

As médias dos teores de magnésio nos diversos tratamentos estudados e nas duas profundidades avaliadas estão contidas na Tabela 10.

TABELA 10. Médias dos teores de magnésio (Mg), em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Mg ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	0,87	0,70	0,78 a
2	0,72	0,57	0,64 a
3	0,77	0,55	0,66 a
4	0,92	0,75	0,83 a
5	0,72	0,65	0,68 a
6	0,62	0,57	0,59 a
7	0,75	0,60	0,67 a
Médias	0,77 A	0,63 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Observa-se maior teor de magnésio na profundidade de 0 a 10 cm ($0,77 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

Os teores de matéria orgânica em função dos subprodutos e profundidades estudadas podem ser vistos na Tabela 11.

Em relação à distribuição da matéria orgânica não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados, mas foi observada diferenças entre as profundidades. Ao se comparar valores médios da matéria orgânica entre as profundidades, pode-se constatar que a profundidade de 0 a 10 cm apresentou maior teor ($22,47 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$) em comparação a profundidade de 10 a 20 cm que foi de $18,81 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$, concordando com dados obtidos por Demattê & Demattê (1993). Isso provavelmente se deve ao pouco tempo de maturação dos subprodutos e ao tipo de solo, que contém uma grande quantidade de areia.

TABELA 11. Médias do teor de matéria orgânica (MO), em g.dm^{-3} , em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	MO (g.dm^{-3})		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	23,67	19,95	21,81 a
2	21,60	17,92	19,76 a
3	22,20	18,30	20,25 a
4	25,07	19,67	22,37 a
5	25,47	22,82	24,14 a
6	16,82	15,32	16,07 a
7	22,45	17,67	20,06 a
Médias	22,47 A	18,81 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Oliveira et al. (1999), trabalhando com o manejo da palhada em cana-de-açúcar, verificou a ocorrência alta de liberação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre contidos na palhada e a pouca mineralização do nitrogênio da palhada (20%) o que resultou em diferenças não significativas entre o N da palhada da cana recém colhida e os das palhadas remanescentes.

O sistema de colheita de cana crua com a incorporação da palhada, proporciona, segundo Souza et. al. (2005) maior produção de colmos, maiores teores de matéria orgânica, maior estabilidade de agregados, macroporosidade e teor de água e menores valores de resistência mecânica e densidade do solo.

Na Tabela 12 estão registrados os teores de alumínio (Al) em função dos subprodutos estudados em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tabela 12. Médias do teor de alumínio (Al) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Al (cmol _c .dm ⁻³)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	0,00	0,02	0,01 b
2	0,00	0,15	0,07 b
3	0,00	0,15	0,07 b
4	0,12	0,15	0,13 b
5	0,27	0,45	0,36 a
6	0,37	0,35	0,36 a
7	0,27	0,37	0,32 a
Médias	0,15 B	23 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

Verifica-se que os tratamentos 5, 6 e 7, registraram maiores teores de alumínio no solo. Comportamento inverso foi verificado na Tabela 9, onde os mesmos tratamentos apresentaram os menores teores médios cálcio (Ca)

6.3 Atributos físicos

O resumo da análise de variância dos atributos físicos do solo está contido na Tabela 13.

TABELA 13. Resumo da análise de variância dos dados de densidade do solo (Ds), teores de macroporos (Ma), microporos (Mi), porosidade total (Pt) e resistência do solo a penetração (RSP) em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

FV	Quadrados médios				
	Ds	Ma	Mi	Pt	RSP
Bloco	0,0101	1,4302	15,9362	12,8148	0,9867
Tratamentos	0,0089	17,1975	4,3493	15,8378	0,4503
Resíduo A	0,0068	5,9506	6,4211	8,2469	0,3980
Profundidade	0,0261*	398,0444**	1,5778	349,2004**	40,3750**
TxP	0,0032	8,2205	2,3742	11,8182	0,3361
Resíduo B	0,0044	10,0725	4,0049	10,7199	0,1705
CV (a)	5,54	9,04	15,44	6,62	32,78
CV (b)	4,51	11,76	12,19	7,55	21,45

**; *: Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Os coeficientes de variação em relação aos tratamentos, os dados médios analisados de densidade, macro e porosidade total, apresentaram baixo coeficiente de variação. Já para o parâmetro resistência mecânica do solo, o coeficiente de variação registra um valor de 32,78%. Concordando com resultados obtidos por Souza et al. (2004).

A Tabela 14 registra os valores da densidade do solo nos diferentes subprodutos e profundidades estudadas.

Ao se analisar a profundidade amostrada, nota-se que os valores médios da densidade na profundidade de 10 a 20 cm ($1,51 \text{ kg.dm}^{-3}$) são considerados superiores aos valores médios encontrados na profundidade de 0 a 10 cm ($1,46 \text{ kg.dm}^{-3}$) Isto tem sido relatado por diversos pesquisadores como comportamento para esse tipo de solo, os quais atribuem uma migração das partículas mais finas em profundidade, principalmente por razão de manejo.

TABELA 14. Valores médios de densidade do solo (Ds) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm , em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Ds (kg.dm ⁻³)		Médias
	Prof 1	Prof 2	
1	1,45	1,44	1,44 a
2	1,50	1,58	1,54 a
3	1,47	1,49	1,48 a
4	1,45	1,49	1,47 a
5	1,45	1,46	1,45 a
6	1,48	1,54	1,51 a
7	1,45	1,55	1,50 a
Médias	1,46 B	1,51 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

A deposição de argila nas paredes dos poros e sobre os grãos de quartzo causa um arranjo mais compacto de partículas, aumentando o adensamento das camadas subsuperficiais (Mitchell, 1976). Este fenômeno é mais expressivo em solos cuja argila está num maior grau de dispersão, migrando facilmente sob condições de chuva ou irrigação (Helalia et al., 1988).

A Tabela 15 registra os valores de macroporos do solo nos diferentes tratamentos e profundidades estudadas.

A profundidade de 0 a 10 cm teve maior percentual de macroporos (29,65%) do que a profundidade de 10 a 20 cm (24,31%). No entanto, os percentuais de macroporos nos diversos subprodutos estudados não diferiram significativamente entre si.

TABELA 15. Valores médios de macroporos (Ma) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Ma (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	30,41	28,77	29,59 a
2	27,52	23,04	25,28 a
3	28,92	23,93	26,42 a
4	30,48	24,15	27,31 a
5	30,47	25,16	27,81 a
6	30,09	23,70	26,89 a
7	29,64	21,46	25,55 a
Médias	29,65 A	24,31 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Os maiores valores de macroporos (Tabela 15) e os menores valores de densidade (Tabela 14) obtidos na camada de 0 a 10 cm são devidos, provavelmente, à persistência dos efeitos da mobilização do solo realizada na incorporação do calcário por meio da gradagem. De acordo com Tollner et al. (1984), o revolvimento do solo aumenta o número de poros drenáveis, com conseqüente redução da densidade do solo.

Os dados médios de microporos analisados em função da aplicação dos subprodutos ao solo e da profundidade de amostragem podem ser vistos na Tabela 16. Conforme se verifica na Tabela 13, esses dados não foram significativos entre tratamentos e profundidades.

TABELA 16. Médias de microporos (Mi) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm , em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Mi (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	15,35	15,48	15,41
2	16,19	15,72	15,95
3	16,31	18,84	17,57
4	16,89	16,25	16,57
5	16,80	17,15	16,97
6	15,44	16,23	15,83
7	16,73	16,40	16,56
Médias	16,24	16,58	

A variação dos teores de microporos após a aplicação dos subprodutos no solo pode ser considerada pequena onde o Tratamento 1 que apresentou a menor média de 15,41% não diferiu do tratamento 3, que apresentou maior média (17,57%). Já Camilotti et al. (2005), trabalhando com sistema de colheita de cana crua, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, observou aumento da microporosidade nas camadas abaixo de 10 cm após quatro colheitas e conclui que o cultivo da soqueira favoreceu o aumento da macroporosidade com decréscimo da microporosidade.

Os valores da porosidade total em função da aplicação de diferentes tipos de subprodutos e da profundidade de amostragem podem ser observados na tabela 17. Na profundidade de 0 a 10 cm a porosidade total foi maior (45,89%) do que na profundidade de 10 a 20 cm (40,89%).

TABELA 17. Médias de porosidade total (Pt) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Pt (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	45,73	44,26	44,99 a
2	43,71	38,75	41,23 a
3	45,24	42,77	44,00 a
4	47,37	40,40	43,89 a
5	47,27	42,31	44,79 a
6	45,53	39,93	42,73 a
7	46,37	37,86	42,11 a
Médias	45,89 A	40,89 B	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

As médias dos valores de resistência mecânica do solo avaliadas no experimento em função dos subprodutos aplicados e das profundidades estudadas estão registradas na Tabela 18.

Ao avaliar a resistência mecânica com os dados da densidade do solo, observa-se um comportamento semelhante para as duas profundidades. Na profundidade de 10 a 20 cm verificou-se maior resistência (2,77 MPa) em relação a profundidade de 0 a 10 cm (1,07 MPa).

TABELA 18. Médias da resistência mecânica do solo a penetração (RMSP) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	RMSP (MPa)		
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	Médias
1	1,24	2,30	1,77 a
2	1,26	3,47	2,36 a
3	1,03	2,93	1,98 a
4	1,12	2,80	1,96 a
5	1,00	2,25	1,62 a
6	1,10	2,89	1,99 a
7	0,78	2,77	1,77 a
Médias	1,07 B	2,77 A	

Bianchini et al. (2005) trabalhando com o Penetrômetro de impacto e Penetrômetro Eletrônico Automático em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico no município de Sorriso encontraram valores semelhantes nessa profundidade, enquanto (Neiro 2002; Silva 2004) trabalhando com diferentes penetrômetros detectaram o aumento da RSP abaixo de 0,10 m em LATOSSOLOS VERMELHOS.

Ao analisarmos os dados de RMSP nas duas profundidades verifica-se que a camada de 0 a 10 cm apresentou valores significativamente menores que a camada de 10 a 20 cm, dados concordantes com resultados obtidos por Roboredo (2005). Essas diferenças podem ter sido causadas, no caso das áreas mobilizadas pelas máquinas e implementos agrícolas, e nas áreas não mobilizadas pela migração de partículas coloidais.

A prática tem demonstrado, segundo Horton et al. (1994) e Cunha et al. (2001) que a compactação induz o aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e alteração na distribuição dos poros e diminuição na estabilidade dos agregados, diminuição da macroporosidade e

do tamanho dos agregados além da diminuição das taxas de infiltração de água no solo.

A Tabela 19 apresenta o resumo da análise de variância dos percentuais de agregados de acordo com os cinco tipos de malhas definidas, seguindo a metodologia (item 5.3.7) preconizada pela EMBRAPA (1999).

TABELA 19. Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de solo nas peneiras A1 (2 mm), A2 (1mm), A3 (0,5mm), A4 (0,25mm) e A5 (0,125 mm).

FV	A ₁ 1/	A ₂ 1/	A ₃ 1/	A ₄ 1/	A ₅ 1/
Bloco	20,9159	22,7733	140,7255	94,5599	19,3896
Tratamento (T)	23,9346	168,5409	270,9663	256,8131	37,2010 *
Resíduo a	12,8848	90,4373	121,1407	201,3450	10,5641
Profundidade (P)	192,8829 *	1,7290	58,6097	165,4984	84,0840 *
TxP	36,8188	76,4069	218,5349*	270,3326	24,4365
Resíduo b	25,4596	167,0806	80,8865	126,6109	18,3774
CV (a)	31,73	50,54	29,89	36,64	20,30
CV (b)	44,60	68,69	24,43	29,05	26,77

**, *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

1/: Dados transformados em arcoseno $\sqrt{p/100}$

A Tabela 20 registra os dados de percentagem de agregados retidos na peneira A1 (2,0mm) em função dos diferentes tratamentos e profundidade de amostragem.

A agregação do solo avaliada por meio da estabilidade dos agregados em água proporciona melhor correlação com a erodibilidade do solo (Angulo et al., 1984). Alvarenga et al. (1986) e Harris et al. (1996) utilizaram a porcentagem de agregados estáveis (>2 mm) em água para avaliar a qualidade do solo em sistemas de manejo.

A profundidade de 0 a 10 cm apresentou maior porcentagem de agregados retidos na peneira 1 (13,17%) diferindo significativamente da profundidade de 10 a 20 cm que registrou valores médios de 9,45%, resultados inferiores aos encontrados por Harris et al. (1996), que avaliando

a qualidade dos sistemas conservacionista (plantio direto) e convencional (solo arado), encontraram os valores de 40,26% e 19%, respectivamente.

Souza et. al. (2005), trabalhando com o manejo da palhada no sistema de colheita de cana crua encontrou valores significativos na camada de 0 a 10 cm atribuindo maior estabilidade ao maior teor de matéria orgânica incorporada.

Comparando os dados de matéria orgânica Tabela 11, com os valores de percentagens médias dos agregados do solo retidos na peneira A1 (2mm) (Tabela 20), verifica-se que ambos tiveram o mesmo comportamento, apresentando valores significativamente maiores na profundidade de 0 a 10 cm. Alguns pesquisadores como Maia (1999) e Wohlenberg et al. (2004) observaram que a maior estabilidade de agregados ocorreu em cultivos com maior concentração de material orgânico e dependendo da intensidade de mobilização esses percentuais passam a ser retidos nas peneiras com malhas menores.

TABELA 20. Percentagens médias dos agregados do solo retidos na peneira A1 (2mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Agregados (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	12,22	8,11	10,16 a
2	13,84	8,72	11,28 a
3	11,82	6,46	9,14 a
4	16,33	9,05	12,69 a
5	15,46	9,80	12,63 a
6	15,74	11,56	13,65 a
7	6,77	12,49	9,63 a
Médias	13,17 A	9,45 B	

Wohlenberg et al. (2004) trabalhando com sistemas de preparo e rotação de culturas, afirmam que a maior estabilidade estrutural em solo arenoso ocorreu sob campo natural e a maior desagregação sob solo descoberto, graças ao intenso preparo do solo que reduziu o teor de matéria orgânica e aumentou a quantidade de agregados de menor tamanho.

Os dados dos de percentagem de agregados obtidos na peneira de malha 1,0 mm em função dos subprodutos aplicados e das profundidades estudadas, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A2 (1mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Solo (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	14,01	15,17	14,59
2	28,99	20,25	24,62
3	18,58	9,52	14,05
4	13,52	17,40	15,46
5	16,89	16,86	16,87
6	20,23	24,48	22,35
7	20,73	26,82	23,77
Médias	18,99	18,64	

Com relação a porcentagem de agregados retidos na peneira de 1 mm, não houve diferença significativa com relação aos tratamentos e profundidade de amostragem.

A Tabela 22 registra os dados percentuais dos agregados retidos na peneira de 0,5 mm de acordo com a aplicação de diferentes subprodutos e sob duas profundidades.

TABELA 22. Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A3 (0,5mm) em função de diferentes tratamentos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Solo (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	37,86 A	37,05 A	37,45 a
2	38,31 A	38,42 A	38,36 a
3	55,44 A	34,63 B	45,03 a
4	23,59 A	33,23 A	28,41 a
5	29,24 A	30,38 A	29,81 a
6	44,05 A	33,59 A	38,82 a
7	36,39 A	43,26 A	39,82 a
Médias	37,84 A	35,79 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Verifica-se que o tratamento 3, apresentou maior percentagem de agregados retidos na peneira 3 na profundidade de 0 a 10 cm, não sendo significativamente diferente dos demais tratamentos para essa profundidade, porém para a profundidade de 10 a 20 cm a percentagem de agregados retidos é significativamente menor que os demais tratamentos.

Os valores médios percentuais de agregados do solo retidos na peneira A4 (0,25 mm) em função dos subprodutos aplicados e as profundidades estudadas estão apresentados na Tabela 23.

Não houve diferenças significativas entre tratamentos e profundidades de amostragem, para os dados médios de agregados do solo retidos na peneira de 0,25 mm (Tabela 23).

TABELA 23. Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A4 (0,25mm) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Solo (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	44,12	41,66	42,89
2	27,35	40,03	33,69
3	23,75	47,72	35,73
4	47,81	44,38	46,09
5	44,88	45,05	44,96
6	31,28	35,51	33,39
7	29,88	28,80	34,34
Médias	35,58	40,45	

Os valores médios percentuais de agregados do solo retidos na peneira A5 (0,125 mm) em função dos subprodutos aplicados e as profundidades estudadas estão apresentados na Tabela 24.

A percentagem de agregados retidos para a profundidade de 10 a 20 cm (17,23%), foi superior ao valor médio encontrado para a profundidade de 0 a 10 cm (14,78%).

Os tratamentos 4 e 5, apresentaram maior percentagem de solo retido com valores de 19,39% e 17,91%, respectivamente. Isso se deve provavelmente ao uso do subproduto fuligem, que está presente em ambos os tratamentos.

Analisando-se as percentagens de agregados retidos em todas as peneiras pode-se verificar uma maior retenção de agregado nas peneiras A3 e A4 para todos os tratamentos. Observa-se também que ocorreram maiores valores de agregados na peneira A3 para os tratamentos T3 e T6 (55,44% e 44,05%, respectivamente), para a profundidade de 0 a 10 cm.

TABELA 24. Médias dos dados de percentagem de solo na peneira A5 (0,125 mm) em função de diferentes subprodutos em duas profundidades 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Tratamentos	Solo (%)		Médias
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	
1	12,36	18,31	15,33 b
2	12,07	13,41	12,74 b
3	11,85	19,13	15,49 b
4	20,58	18,21	19,39 a
5	16,75	19,07	17,91 a
6	14,54	18,16	16,35 b
7	15,35	14,36	14,85 b
Médias	14,78 B	17,23 A	Média

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P < 0,05$).

Foram feitas diversas correlações entre os atributos físicos do solo e as mais importantes estão contidas na Tabela 25.

Verificam-se correlações inversas significativas entre os atributos físicos macroporosidade e resistência mecânica do solo, densidade e macroporosidade, densidade e porosidade total e porosidade total e resistência mecânica do solo. E correlações diretas significativas entre densidade e resistência mecânica do solo, macroporosidade e porosidade total.

Esses dados concordam com Cunha et al. (2001), pois a macroporosidade tem relação inversa com a resistência mecânica do solo e com a densidade. Constatações semelhantes puderam ser observadas por Wendling et al. (2005) quando avaliou a influência de diferentes tipos de manejo em propriedades do solo como estabilidade de agregados e carbono orgânico.

TABELA 25. Correlações entre os atributos físicos, agregados (A); macroporosidade (Ma); resistência mecânica do solo a penetração (RMSP); densidade do solo (Ds); microporosidade (Mi); porosidade total (Pt); de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

Característica	Correlação (r)	Característica	Correlação (r)	Equações
A ₁ x Ma	0,46*	Ds x Ma	-0,80**	Ds = 1,77915 – 0,01081 Ma
A ₁ x RSP	-0,51*	Ds x Pt	-0,87**	Ds = 2,00939 – 0,0120269 Pt
A ₂ x Ds	0,55*	Ds x RSP	0,71**	Ds = 1,42375 - 0,0331026 RSP
A ₅ x Mi	0,55*	Ma x Pt	0,96**	Ma = 33,0470 – 3,15088 RSP
Ma x RSP	-0,90**	Pt x RSP	-0,89**	Pt = 49,1907 – 3,01025 RSP

**.* Significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste T.

A resistência mecânica do solo a penetração apresentou correlação negativa altamente significativa com a macroporosidade, registrando valor de $r = -0,90$. Em trabalhos realizados por Roboredo (2005), foi constatada correlação semelhante quando se utilizava o penetrômetro de impacto e o penetrômetro eletrônico de velocidade constante Klein (2005).

Outra correlação negativa refere-se à porosidade total com a resistência mecânica do solo a penetração ($r = -0,89$). Valor coerente com observações realizadas por Oliveira et al. (1995).

7. CONCLUSÕES

A aplicação dos subprodutos vinhaça + torta, vinhaça+cinza e vinhaça + fuligem, influenciaram os teores de cálcio e alumínio no solo;

Em todos os atributos químicos avaliados, maiores teores dos elementos foram observados na profundidade de 0 a 10 cm;

Na profundidade de 0 a 10 cm, os atributos macroporosidade e porosidade total apresentaram maiores teores em comparação com a profundidade de 10 a 20 cm sendo que a densidade e a resistência mecânica apresentaram valores superiores na camada de 10 a 20 cm;

Os tratamentos com os subprodutos (vinhaça + fuligem) e (vinhaça + fuligem + cinza + palha + torta) promoveram maiores porcentagens de agregados retidos na peneira 0,125 mm;

Avaliando as correlações obtidas entre os diferentes atributos, julga-se importante os valores significativos encontrados entre macroporosidade e resistência mecânica do solo a penetração; densidade e resistência mecânica do solo a penetração; e porosidade total e resistência mecânica do solo a penetração.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A. & REINERT, D.J. Densidade radicular do milho considerando os atributos de um solo com horizonte B textural. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:539-549, 2001.

ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.273-277, 1986.

ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.7-12, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7182/86 **Solo: ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

BAGARELLO, V. **Influence of well preparation on field-saturated hydraulic conductivity mesured with the Guelph permeameter**. *Geoderma*. 80:169-180, 1997.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo, Ed. Manole, 1987. 207p.

BANZATO, D.A; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BIANCHINI, A.; CUNHA, C. A.; MAIA, J. C. S. **Comparação da resistência do solo a penetração obtida por meio de penetrômetro eletrônico e impacto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., Canoas, 2005. Anais... Canoas: COMBEA, 2005. p.1-4.

BLAIR, G.J.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A.M.; et al. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia, and in North-East Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, p. 873-882, 1998.

BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, **Australia. Soil & Tillage Research**, v. 55, p. 183-191, 2000.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; et al. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em latossolo vermelho-escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1663-1667, 1999.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo.** Tradução: Antonio B. Neiva Figueiredo. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (IAC, Boletim Técnico, 106).

CAMILOTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L .F.; et al. **Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana-crua.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-198, jan./abr. 2005.

CARVALHO, L.C.C. Cenário sucroalcooleiro. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, p.12-13, 2002.

CASTRO, P.R.C. **Reguladores de vegetais em cana-de-açúcar.** In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Ed). Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba-SP: ESALQ/FEALQ, 1993. p. 209-225.

CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.C. dos; LIMA, E., NETO, A.R.; et al. Sistemas de Colheita da Cana-de-Açúcar e Alterações nas Propriedades Físicas de um Solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, nº8, p. 1467-1473, ago. 1999.

CORRÊA, J.C. Efeitos de sistemas de cultivos na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 203-209, 2002.

CORSINI, P. C. **Problemas causados pela compactação dos solos**. STAB, 18:8-12, 1993.

CORSINI, P.C. & FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e na macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:289-298, 1999.

CORSINI, P.C.; MALHEIROS, E.B.; SACCHI, E. Sistemas de cultivo da cana-de-açúcar: efeitos na retenção de água e na porosidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 10, p. 71-74, 1986.

CORTEZ, L.A.; MAGALHÃES; P.S.G., HAPP, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 2, nº2, p. 111-46, 1992.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITA, P.L.; AGUIAR, A.C.; Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, jan/mar. 2001.

DELGADO, A.A. e CESAR, M.A.A. **Elementos de Tecnologia e Engenharia do Açúcar-de-cana**. Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Rural. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ). Piracicaba-SP: Publique, 1990.

DELGADO, A.A. e DELGADO A. P. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melaço**. Piracicaba-SP: Alves, 1999.

DEMATTE, J.L.I.; DEMATTE, J.A.M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central. **Scientia Agricola**, v.50, n.2. p.272-286, 1993.

DIAS, F.L.F. **Sistemas de preparo de solo em área de colheita mecanizada de cana crua**. 2001. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2001.

DOBROVOLSKII, V.V. 1997. Biospheric cycles of heavy metals and regulatory role of soil. **Eurasian Soil Science**. 30, 371-380.

EMBRAPA. Embrapa solos. **Sistema de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412p.

FERNANDES, A.C. **Qualidade Tecnológica da Cana-de-açúcar**. Centro de Tecnologia COOPERSUCAR. São Paulo-SP, 1988.

FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado da Cultura, 1997. 668p.

FERREIRA, M. M. Física do solo. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 63 p.

FREIRE, W. J. & CORTEZ, L.B. **Vinhaça de cana de açúcar**. Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2000.

FULLER, L. G.; GOH, T.G.; OSCARSON, D. W. Cultivation effects on dispersive clay of soil aggregates. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, p. 101-107, 1995.

GAVA, G.J.C. **Utilização do nitrogênio da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. 1999. 81 f. Tese (Tese de Mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 1999.

GLORIA, N. A. Uso agrônomo de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. p. 1-17.

GLÓRIA, N. A. **Utilização racional dos resíduos da fabricação de açúcar e álcool**. In: Workshop sobre avaliação e manejo dos recursos naturais em áreas de exploração da cana de açúcar. Aracaju, 1997.

HARRIS, R.F.; KARLEN, D.L.; MULLA, D.J. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison : Soil Science Society of America, 1996. p.61-82. (SSSA Special Publication, 49).

HASSUDA, S. (1989) **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no Aquífero Bauru**. São Paulo, Instituto de Geociência-USP. Dissertação de Mestrado, 1989.

HELALIA, A.M.; LETEY, J. & GRAHAM, R.C. Crust formation and clay migration effects on infiltration rate. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52:251-255, 1988.

HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93p.

HORTON, R.; ANKENY, M.D.; ALLMARAS, R.R. **Effects of soil compactation on soil hydraulic properties**. In: SOANE, B.D.; OUWERKERK, C. van (Ed.). Soil compactation in crop production. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.141-65.

IAIA, A.M. **Avaliação do Efeito da Mecanização e Transporte na Compactação de Dois Tipos de Solo Cultivados com Cana-de-açúcar**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2003.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Anuário de 2001**. Cana para a Indústria, São Paulo, v. 13, nº 1, 302 p., 2002.

IMHOFF, S. D. C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de latossolos e argissolos vermelhos**. 2002. 104 f. Tese (Doutorado em Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior em Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2002.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 11-18, 2001.

IVANOV, B.A. **Física da explosão do acetileno**. Ed. Química, 1969. 86p.
KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: relação solo-planta**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 857-867, 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; BENEDINI, M.; PAULA, F.B.; et al. **Cimento como fonte de silício para cana-de-açúcar**. STAB, v. 19, n°2, 2000.

LUDOVICE, M.T. (1996). **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. Campinas, FEC-UNICAMP. Dissertação de Mestrado, 1996.

MAIA, J. C. S. **Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de propriedades físicas do solo sob diferentes sistemas de preparo**. 1999. 158 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1999.

MAIA, J.C.S. Determinação de esquemas de amostragem para avaliação de parâmetros físicos do solo para uso em agricultura de precisão. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, 2003. 62p. (Relatório de Pesquisa)

MATZNER, E. 1992. Factors controlling Al-activity in soil solutions in an acid forest soil of the German solling area. **Z. Pflanzernähr. Bodenk.** 155, 333-338.

MAULE, R.F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JUNIOR, G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, v. 58, n°2, p. 295-301, abr/jun. 2001.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA E.; ANJOS, L.H.C.; et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 201-207, 2000.

MITCHELL, J.K. Fundamentals of soil behavior. New York, John Wiley, 1976. 422p.

NEIRO, E. S. **Propriedades físicas e químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, com rotação e sucessão de culturas, sob semeadura direta.** Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2002. 86p. (Tese de Mestrado)

NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 1987. v.51 p.183-6.

OLIVEIRA, J. B de.; Jacomini, P. K. T. e Camargo, M. N. Classes Gerais de Solos do Brasil. FUNEP: Jaboticabal-SP, 1992.

OLIVEIRA, M. W. et al. Degradação da palhada da cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 56, nº. 4 Piracicaba out/dez de 1999.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR., E. **Crescimento e absorção de macronutriente pela cana-de-açúcar, variedade CB41 – 76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo.** Boletim Técnico PLANALSUCAR, v. 2, n.1 p.3-127, 1980.

ORLANDO-FILHO, J.; SILVA, G.M.A. & LEME, E.J.A. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria cana-de-açúcarvieira. In: ORLANDO-FILHO, J., ed. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.227-264.

PAULINO, A.F.; MEDINA, C.C.; AZEVEDO, M.C.B.;et al. Escarificação de um Latossolo Vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, nº5, p. 911-917, 2004.

RAMALHO, J.F. & AMARAL SOBRINHO, N.M. Metais pesados em solos cultivados com cana de açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 8, nº. 1, jan/dez de 2001.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; et al. **Base para Distinção de Ambientes**. 2. ed. Viçosa-MG: NEPUT, 1997.

REYNOLDS, W.D.; GREGORICH, E.G.; CURNOE, W.E. Characterization of water transmission properties in tilled and untilled soils using tension infiltrometers. **Soil Tillage Research**, 33:117-131, 1994.

RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

ROBOREDO, D **Avaliação da resistência do solo à penetração em função de diferentes teores de umidade em um Latossolo Vermelho distrófico**. Cuiabá,UFMT/FAMEV. Dissertação de Mestrado, 2005.

SANTOS, D. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Recomendações técnicas para a cultura de cana-de-açúcar no Estado do Paraná**. Londrina, 1997. p. 8-22. (IAPAR. Circular, 6).

SILVA, G. J. **Desenvolvimento de plantas de soja, milho, algodão e Brachiaria brizantha, submetidas a quatro graus de compactação de um LATOSSOLO VERMELHO-Distrófico**. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, 2004. 122p. (Tese de Mestrado).

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, v. 30, p. 795-801, 2000.

Simabuco, S. M. Determinação de metais pesados a nível de traços em amostras de chorume pela técnica de fluorescência de raios-x por dispersão de energia. In: Congresso Geral de Energia Nuclear. 6. 1996, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: IPEN, 1996. CD-Rom

SINDALCOOL/MT. Sindicato das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de Mato Grosso. Demonstrativo safra 2005/2006.

SOUZA, F. M. e MARQUES, J.J. e PEREIRA, G. T. e MAIA, J. C. Viabilidade Especial de Atributos Físicos de um Latossolo Vermelho sobre Cultivo de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v.8,n1p.51-58, 2004.

SOUZA, Z. M. de; PRADO, R. de M.; PAIXÃO, A. C. S.; et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 40, nº 3, p. 271-278, mar. 2005.

SZMRECSÁNYI, T.(1994). Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, vol. 24, nº.10, out. 1994.

TASSO JUNIOR , L. C. **Cultura de soja, milho e amendoim sob diferentes sistemas de manejo do solo em áreas com palhada residual de colheita mecanizada de cana crua**. 2003, 154 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2003.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M. C.; GUIMARÃES, M. F.; et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 725-730. 2001.

TAYLOR, H. M.; ROBERTSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, v. 102, p. 18-22, 1966.

TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): Baseados em parâmetros do solo e do clima**. 2003. 96 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz” , Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2003.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TOLLNER, E.W.; HARGROVE, W.L.; LANGDALE, G.W. Influence of conventional and no-tillage practices on soil physical properties in the Southern Piedmont. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.39, n.1, p.73-76, 1984.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 795-801, 2002.

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 26, p. 637-646, 2002.

UNICA <http://www.unica.com.br> acesso em 03 mar.2006.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual**. 2002. 140 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

VERMA, R.S. **Ratoon decline in sugar cane**. Cooperative Sugar, 26:349-351, 1995.

VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, p.129-133, 1983.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. DE S.; JÚLIO CÉSAR LIMA NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.40, n.5, p.487-494, maio 2005.

WOHLENBERG, Emerson V.; REICHERT, Jose Miguel ; REINERT, D J ; BLUME, E. . Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 891-900, 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)