

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“EFEITO DO COMPOSTO DE RESÍDUO URBANO, FONTES DE Ca E Mg E
ADUBAÇÃO MINERAL EM PLANOSSOLO CULTIVADO COM BERINGELA
E MILHO DOCE EM SUCESSÃO”

LEONARDO SANTOS COLLIER

Sob a orientação de Gabriel de Araújo Santos e
sob a co-orientação de Gilberto Gastim Pessanha

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau
de *Magister Scientie* em Ciên-
cia do Solo.

Itaguaí, Rio de Janeiro

Outubro de 1992

"EFEITO DO COMPOSTO DE RESÍDUO URBANO, FONTES DE Ca e Mg e ADUBAÇÃO MINERAL EM PLANOSSOLO CULTIVADO COM BERINJELA E MILHO DOCE EM SUCESSÃO"

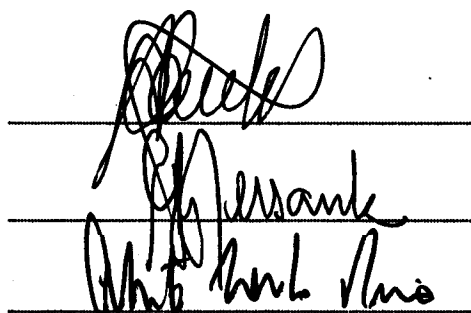
LEONARDO SANTOS COLLIER

APROVADO EM 09/10/92

GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS

GILBERTO GASTIM PESSANHA

ALBERTO LEANDRO PEREIRA



Three handwritten signatures are written over three horizontal lines. The top signature is a cursive script. The middle signature is a cursive script with the word 'Pessanha' clearly visible. The bottom signature is a cursive script.

**“Este trabalho é dedicado à
Minha esposa Karin, meu filho
Guilherme, meus pais Levy e,
Vera e, minha irmã Luciana.”**

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Curso de Mestrado em Ciência do Solo e Fitotecnia pelo clima de solidariedade, compreensão e empenho para melhorar as condições de trabalho do pós-graduando.

Aos funcionários do Departamento de Solos e do setor de Horticultura que auxiliaram na condução e análises do experimento de tese.

À Iama Marta de Araújo pelo incentivo e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Mauro e Rosana, que compartilharam comigo do mesmo espaço como irmãos nas alegrias e dificuldades, durante grande parte do desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas da EMATER-Paraná que puderam compreender e incentivar a condução deste trabalho.

Aos pesquisadores Marcos Pavan, Celso de Castro Filho e Mauro Parra além dos demais integrantes da Seção de Solos do IAPAR, e às bibliotecárias da referida instituição,

Aos funcionários da SEAB-Sede pela digitação deste trabalho.

Ao professor Gabriel de Araújo Santos pelo incentivo, amizade e confiança em mim depositada criando condições de persistir e concluir este trabalho;

Ao professor Gilberto Gastim Pessanha pela orientação e exemplos na organização deste trabalho.

Aos pesquisadores Dejair Lopes de Almeida, Eliane Monteiro e José Guilherme M. Guerra pelo apoio técnico e cooperação durante o desenvolvimento deste trabalho.

À EMBRAPA-CNPBS pelo apoio técnico na elaboração de análises que fazem parte deste trabalho.

Aos meus pais que sempre acreditaram no esforço pessoal acima de obstáculos, valorizando o desenrolar desta jornada.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Leonardo Santos Collier, nasceu a 27 de outubro de 1968 em Niterói-RJ, cursou Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa - MG no período de 1994 a 1999. Foi selecionado para a curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro a partir de 1999. Aprovado em concurso público na EMATER-Paraná em junho de 1990, passou a exercer o cargo de Extensio- nista Municipal IV a partir de fevereiro de 1991, quando encerrou a fa- se de créditos e análises dos experimentos de tese. Atualmente casado, reside em Apuorana-PR, onde é responsável pela execução do Programa Estadual de Irrigação e Drenagem a nível Regional da EMATER-PR.

ÍNDICE (SUMÁRIO)

	Página
Resumo	xiii
1. Introdução	2
2. Revisão de Literatura	
2.1 O Composto de Resíduo Urbano.	3
2.2 O Uso de Composto de Resíduo Urbano da Comlurb.	11
2.3 O Efeito dos Composto sobre as Propriedades Químicas e Físicas do Solo.	15
2.4 Efeito do Composto na Produção e Concentração de Metais Pesados no Solo e Planta	22
3. Material e Métodos	
3.1 Local do Experimento	26
3.2 O Delineamento Experimental	28
3.3 Hortaliças Cultivadas	31
3.4 Fonte de Matéria Orgânica	32
3.5 Condução do Experimento - Fase Berinjela	34
3.8 Análises Realizadas Durante o Experimento	35
3.7 Condução do Experimento II - Fase Milho Doce	37
3.8 Análises Realizadas Durante o Experimento II	38

4. Resultados e Discussão

4.1 Fertilidade do Solo

4.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	40
4.1.2 Alumínio Trocável	44
4.1.3 Acidez Potencial (H e Al)	46
4.1.4 Cálcio Trocável	49
4.1.5 Magnésio Trocável	51
4.1.8 Potássio Trocável	54
4.1.7 Sódio Trocável	55
4.1.8 Fósforo Assimilável	58
4.1.8 Matéria Orgânica	60

4.2 Parâmetros de Física do Solo

4.2.1 Condutividade Hidráulica	65
4.2.2 Microporosidade	87
4.2.3 Macroporosidade	87
4.2.4 Equivalente de Umidade	71

4.3 Parâmetros de Produção das Hortaliças Cultivadas em Sucessão

4.3.1 Fase Berinjela	74
4.3.2 Produção Total Acumulada	77
4.3.3 Peso Médio de Frutos	79
4.3.4 Produção Média por Planta em g	83
4.3.5 Tendência nos Parâmetros Avaliados na Fase Milho Doce	86

5. Conclusões

5.1 A Nível de Fertilidade do Solo e Matéria Orgânica	94
5.2 A Nível de Física do Solo	95
5.3 A Nível dos Parâmetros Produtivos das Hortaliças Cultivadas	95
5.4 Geral	96

6. Bibliografia Consultada	97
-----------------------------------	-----------

Quadro 1 - Resultados analíticos de amostras de composto na base de material natural e seco a 110 °C	10
Quadro 2 - Resultado de concentração de metais pesados analisados em composto de resíduo urbano em alguns países.	13
Quadro 3 - Resultados de Análise de Metais Pesados no Composto de Lixo Urbano empregado no Experimento (Lote de 15/09/89).	14
Gráfico 1 - Dados climatológicos de Precipitação Mensal e Temperaturas Médias Mensais Durante a Fase Experimental	27
Quadro 4 - Croqui experimental da área do ensaio de campo.	29
Quadro 5 - Resultado de análise de rotina do solo amostrado antes da instalação do experimento.	30
Quadro 6 - Caracterização físico - química do Fertilurb (Lote de 15/09/89) empregado na área experimental.	33
Quadro 7 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem no pH do solo.	41
Quadro 8 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre o Al trocável no solo pelo método EMBRAPA (1979)	45
Quadro 9 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre a acidez potencial do solo a pH 7,0.	47
Quadro 10 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e épocas de amostragem sobre a acidez potencial do solo.	47
Quadro 11 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre Ca trocável em meq/100 g de solo.	50
Quadro 12 - Efeito de interação entre doses de composto e época de amostragem sobre Ca trocável em meq/100g de solo	50
Quadro 13 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre os teores de cálcio trocável no solo.	52

Quadro 14 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de potássio trocável em meq/100g de solo.	55
Quadro 15 - Efeito das doses de composto em t/ha sobre os teores de sódio trocável em meq/100 g de solo.	55
Quadro 16 - Efeito de interação entre doses de composto e épocas de amostragem nos teores de P assimilável em ppm no solo.	62
Quadro 17 - Efeito entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o teor de matéria orgânica do solo em %.	62
Quadro 18 - Efeito da época de amostragem sobre os teores de matéria orgânica do solo em %.	62
Quadro 18 - Efeito dos tratamento a sobre a condutividade hidráulica do solo em mm/h.	66
Quadro 20 - Efeito, dos tratamentos sobre a microporosidade do solo em %.	68
Quadro 21 - Efeito dos tratamentos sobre a macroporosidade do solo em %.	70
Quadro 22 - Resultado das médias dos tratamentos em % de umidade equivalente.	72
Quadro 22a - Efeito isolado da época de amostragem.	72
Quadro 22b - Efeito de interação entre doses de composto e níveis de adubação mineral.	72
Quadro 22c - Efeito entre fonte de cálcio e magnésio e doses de composto.	72
Quadro 23 - Efeito da fonte de Ca e Mg sobre a produção de frutos de berinjela em t/ha.	78
Quadro 23a - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a produção de frutos de berinjela em t/ha.	78
Quadro 24 - Efeito da fonte de Ca e Mg sobre o peso médio de frutos de berinjela em g.	81
Quadro 24a - Efeito da interação entre adubação NPK e doses de composto em t/ha sobre o peso médio de frutos de berinjela em g.	81
Quadro 24b - Efeito da interação entre doses de composto e fontes de Ca e Mg sobre o peso médio de frutos de berinjela em g.	82

Quadro 24c - Efeito de interação entre doses de composto, adubação NPK e fontes de Ca e Mg sobre o peso médio de frutos de berinjela em g.	82
Quadro 25 - Efeito da fonte de Ca e Mg sobre a produção média por planta em g.	84
Quadro 25a - Efeito de interação entre as doses de composto e fontes de Ca e Mg sobre a produção média por planta em g.	84
Quadro 25b - Efeito de interação entre fontes de Ca e Mg e adubação NPK sobre a produção média por planta em g.	85
Quadro 25c - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e adubação NPK sobre a produção média por planta em g.	85
Quadro 26 - Efeito das doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a produção total de espigas em Kg/ha.	88
Quadro 27 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o número total de espigas/ha.	88
Quadro 28 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o número de espigas com palha/planta.	89
Quadro 29 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o peso médio de espigas sem palha em g.	89
Quadro 30 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a matéria verde em Kg/ha.	91
Quadro 31 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o índice de palha.	91
Quadro 32 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a % de espigas comerciais.	93

RESUMO

Foram realizados em Itaguaí - RJ, dois experimentos combinando doses de matéria orgânica, fontes de Ca e Mg e adubação mineral NPK objetivando avaliar os resultados de produção de hortaliças cultivadas em sucessão e as alterações na fertilidade do solo durante e após a condução do experimento. O ensaio experimental foi instalado no esquema fatorial 3x2x3 e implantado no campo em delineamento de blocos ao acaso com 13 tratamentos em três repetições totalizando 54 parcelas. Foram empregados 3 níveis de adubação orgânica: 0,20 e 40 t/ha de composto de lixo urbano (COMLURB, Rio-RJ); 2 níveis de adubação mineral: 0 e 70 kg/ha de NPK 10-5-15 e; 3 fontes de Ca e Mg: testemunha, calcário dolomítico e gesso agrícola com sulfato de magnésio.

As análises de rotina do solo nas 3 épocas de amostragem (antes, durante e ao fim do experimento) demonstram uma elevação moderada do nível de nutrientes com níveis crescentes de matéria orgânica. Foi observado efeito corretivo sobre acidez do solo para Al e Al+H. Os parâmetros de produção de berinjela colhida no verão demonstram resposta significativa aos níveis de matéria orgânica empregados, principalmente quando combinados com fontes de Ca e Mg, destacando-se o calcário dolomítico. Não houve resultados expressivos isolados do uso de adubação NPK. Os parâmetros de produção do milho doce colhido no inverno não apresentam diferenças estatisticamente significativas.

Há tendências de melhores resultados de produção de hortaliças na presença de doses de matéria orgânica combinadas com fontes de Ca e Mg. Os níveis de matéria orgânica, fósforo assimilável (extrator de Mehlich), e pH em água no solo analisado foram os resultados que menos sofreram alterações durante a condução do experimento. Ca, Mg e K sofreram redução significativa ao final do experimento.

Os principais resultados deste trabalho permitem concluir que: a elevação dos parâmetros produtivos das hortaliças cultivadas ocorreu dentro de níveis favoráveis superando as médias de produtividade regional e estadual; a utilização de composto de lixo urbano foi satisfatória dentro das condições propostas, elevando a produtividade das hortaliças e o nível de fertilidade do planossolo estudado; os resultados de produção de milho doce não demonstram efeito residual dos tratamentos empregados; os níveis de pH, matéria orgânica e P assimilável indicam efeito residual dentro do período estudado, o que não se observou para Ca e Mg no solo.

SUMMARY

Two experiments were developed in Itaguaí - RJ, combining levels of organic matter, sources of Ca and Mg, and mineral NPK fertilizer, in order to evaluate vegetables yield cultivated in succession and changes on soil fertility during the field trial and after it. The experimental design was settled into a randomized block on a 3 x 2 x 3 factorial model with three replications, totalizing 54 plots. It was employed 3 levels of organic matter: 0, 20 and 40 t/ha of urban waste compost (COMLURB, Rio - RJ), 2 levels of mineral NPK fertilizer: 0 and 70 Kg/ha of the formula 10-5-15 and 3 sources of Ca and Mg: control, dolomitic lime and gypsum with magnesium sulphate.

The routine analysis of soil in 3 sample periods (before trial, during trial and at the end of it) showed a moderate increase on plant nutrients when crescent levels of organic matter were employed. It was observed an effect on soil acidity related to Al and Al + H. Eggplant harvested in summer, showed significant yield increase when organic matter levels were employed with sources of Ca and Mg, outstanding dolomitic lime, NPK mineral fertilizer indicated. no significant increasing yields when isolated. Sweet corn harvested in winter had no estatistically significant yield responses. In general, there were better responses on vegetable yields when organic matter was combined with sources of Ca and Mg, Few changes were observed with levels organic matter, water pH and assembled phosphorus (Mehlich extractor) in soil analysis during field trial. Ca, Mg and K levels presented significant decreasing at the end of the experiment.

The main results of this work concludedr The increase of the yield parametera of cultivated vegetables occurred between desireble levels and it overcame state and regional average of production urban waste compoat utilization were up to the mark, increasing vegetables yield and soil fertility under proposed conditions, sweet corn showed no residual effect on its yield; pH levels, organic matter and assembled P pointed out residual effect among trial period, which could not be observed to Ca and Mg on soil.

1 - INTRODUÇÃO

A agricultura voltada ao abastecimento dos grandes centros urbanos passou por uma fase de grande incremento de produção. Os mercados consumidores tornam-se mais exigentes. O cultivo de hortaliças nas proximidades das cidades mais populosas é hoje uma atividade comercial economicamente rentável. Altas produtividades são obtidas através do uso intensivo dos solos em áreas restritas. Grandes quantidades de insumos são aplicadas no solo, através de pesadas adubações minerais, orgânicas e agrotóxicos. Esse manejo intensivo torna cada vez mais distante a visão do sistema natural, passando o solo a ser encarado como mero substrato físico para obtenção de fonte de renda. A degradação biológica desse sistema dentro do nível de manejo mencionado é evidente. Os teores de matéria orgânica não são mantidos e a reposição é insuficiente. As respostas em produtividade vem decrescendo pelas altas relações custo-benefício. A queda do "status" de carbono reduz as respostas do solo com poder tampão enfraquecido.

No Estado do Rio de Janeiro, a região metropolitana de cidade do Rio de Janeiro é o principal pólo de consumo de hortaliças e frutas. O crescimento desordenado do Grande Rio, causou a ocupação de áreas que já foram produtoras de alimentos.

Regiões de vocação agrícola, são hoje geradoras de graves problemas sociais-urbanos. Dentre os solos presentes na Região da Baixada Fluminense, os Planossolos se destacam pelo seu uso e distribuição. Esta classe de solo se caracteriza por apresentar uma textura arenosa, sendo utilizada por um tipo de agricultura que vem se inviabilizando rapidamente em função da destruição da matéria orgânica.

O presente trabalho se propõe a estudar neste solo uso de matéria orgânica abundante e de fácil aquisição, combinada com fontes de cálcio e de magnésio e adubação mineral NPK, em cultura olerícola (berinjela e milho doce). A fonte de matéria orgânica é o composto de resíduo urbano produzido pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB). Este material possui caracterização e composição conhecidas, porém sem estudos mais detalhados sobre os seus possíveis efeitos de interações, principalmente sob solos arenosos cultivados com hortaliças.

A hipótese do trabalho é a de que possa ocorrer efeito de interação entre as doses de matéria orgânica, adubos minerais e fontes de cálcio e magnésio, obtendo-se produtividade acima da média da região e melhoria dos níveis de fertilidade do solo estudado. Acredita-se que a alternativa proposta seja compatível com condições de clima e solo na região, reforçando assim, os poucos trabalhos na área abordada.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - O Composto de Resíduo Urbano

A disposição final do lixo urbano ainda não apresentou alternativas totalmente viáveis. Para situações diferenciadas, aterros sanitários, incineração, pirólise, e compostagem podem ser funcionais. Associação de métodos de tratamento de lixo chegam a sugerir a queima de resíduo a não compostáveis ou não recicláveis para fornecimento de calor visando acelerar a compostagem da fração orgânica (Cipriani, 1980). A compostagem seria uma alternativa ecológica preferencial à incineração ou deposição em aterros sanitários (Mazur, 1983; Mantell, 1975). O desenvolvimento de usinas de compostagem ocorreu durante a década de 80 na Europa e Estados Unidos (Tietjen, 1975) e no Brasil durante a década de 70 (Catanhede, 1977).

Apesar da evolução através de pesquisa e experimentação, os estudos com o composto de resíduo urbano no país ainda são insuficientes. Os primeiros trabalhos datam da década de 30, onde experimentos com culturas foram realizados a campo no Rio Grande do Sul para demonstrar a viabilidade agrícola do composto (Rubbo, 1978).

Melhoria dos sistemas de coleta de lixo, maior rigor quanto à contaminação do material, preocupação com a manutenção do nível de matéria orgânica dos solos e melhor caracterização do composto comercializado são fatores fundamentais e que definem o comportamento agrônomico do composto de resíduo urbano.

A evolução do sistema de coleta de lixo vem se tornando uma preocupação mundial. Oosthoek & Smit (1987) questionam o futuro da compostagem na Holanda, devido a grande preocupação com contaminação de metais pesados. Para os autores, uma simples separação do lixo em frações grosseira e fina já leva níveis de metais pesados a metade do valor, comparando quando o material é compostado sem nenhuma preparação. A retirada dos materiais inertes como plástico e vidros chega reduzir a 1/3 a contaminação de metais pesados. A limitação do material a ser compostado e reciclado e o maior aproveitamento deste seria prioritário para o sucesso da produção de composto na Holanda. A cidade de Aarhus, na Dinamarca, e regiões do leste alemão também vem tentando melhorar a qualidade do composto com a perspectiva de desenvolver a coleta seletiva sob a ótica da recuperação energética, passando pela incineração e melhor aproveitamento da fração orgânica. (Krogmann, 1988).

Ventura & Mezzonato, (1981) analisam no Brasil a crescente preocupação com a reciclagem e recuperação de materiais como uma atividade econômica. A iniciativa vem desde comunidades organizadas até a educação da população de uma cidade inteira (Curitiba) para a coleta seletiva.

Indústrias de papel, material fotográfico, vidros, bebidas e borracha têm se mobilizado para a reciclagem de seus manufaturados. Tal fato tem contribuído para melhoria da qualidade do composto orgânico resultante da evolução dessa tendência. Ayres (1870), já demonstrava a importância da reciclagem através de uma proposição de disposição diferenciada do material descartável. Tal produto poderia ser não compostável, mas reutilizável pelas indústrias que se interessariam pela proposta.

Países europeus que trabalham a mais tempo com o tratamento dos resíduos urbanos, são bastante criteriosos quanto ao uso agrícola dos compostos obtidos, principalmente em função da poluição industrial. No Brasil, a concentração de elementos contaminantes no composto é menor mas já vem atingindo níveis elevados com materiais compostados em grandes centros consumidores e industriais (quadro 2).

Mays et al., (1973) estudando a viabilidade do uso agrícola do composto de resíduo urbano demonstra expectativa de melhoria ou manutenção do nível de produtividade dos solos cultivados. O incentivo ao uso de materiais orgânicos desse tipo ficariam condicionados ao seu conhecimento quanto a nutrientes reciclados, efeito residual, efeitos tóxicos potenciais, taxas de decomposição dos resíduos, além dos critérios de aplicação do composto ao solo (dosagem, tempo, forma e frequência de culturas).

A maioria das cidades brasileiras de grande porte possui sistema de coleta e reciclagem de lixo, mesmo que precário, mas com produção de resíduos orgânicos. Processos de engenharia sanitária apresentam limitações quanto à eficiência da reciclagem e qualidade do composto orgânico obtido. Composição física, teor de nutrientes e matéria orgânica, doses a ser utilizadas, são alguns parâmetros comentados a seguir para melhor caracterizar os compostos obtidos.

Esforços para melhorar a caracterização e estudo do composto de lixo urbano produzido no país tiveram início na década de 70. (Catanhede, 1977) sobre o composto produzido na Usina de Irajá-RJ. Um levantamento das propriedades físicas e químicas do lixo coletado no Distrito Federal (Amorim 8, Aguiar, 1979), constatou que apesar do clima seco, o teor de umidade do material a ser compostado era elevado e com alto teor de matérias compostáveis (67%). A relação C/N se encontrava dentro de níveis desejáveis (10-20). A legislação oficial (Secretaria de Fiscalização Agropecuária, 1983) vigente a partir de 1983 especifica níveis de aceitação dos fertilizantes orgânicos do tipo "composto" para matéria orgânica total, nitrogênio total, umidade, relação C/N e pH (Quadro 1). Entretanto com a difusão do composto de resíduo urbano durante a década de 80, se faz necessário caracterizar melhor seus teores de macro e micronutrientes, suas frações orgânicas e os teores de metais pesados. A preocupação com a caracterização do composto também persiste no trabalho de Obrist (1987). Estudos sobre a poluição ambiental na Suíça avaliam % de decomposição, extrato lixiviado e concentração dos elementos em composto de resíduo urbano.

Os resultados determinaram a partir de 1986 valores padrões e limites para solo e composto, avaliando-se o teor de elementos solúveis em água, com ênfase para os metais pesados.

Senesi (1989), abordando o uso de materiais compostáveis como fertilizantes orgânicos, sugere o emprego do "grau de humificação" para caracterizar melhor os compostos quanto a estrutura, constituição e função das substâncias húmicas presentes no composto. Os termos "maduro", "frasco", "curado" seriam empregados para definir o destino diferenciado do composto.

Kurihara (1984) avaliando o emprego de resíduos urbanos na agricultura do Japão, demonstra tentativas de resolver problemas no processamento dos resíduos sólidos que possuem alto grau de umidade e materiais não compostáveis (plásticos). A limitação do material está na sua compostagem incompleta que causa imobilização de N limitando o nutriente quando o composto é aplicado diretamente ao solo. Além da demanda de N, a preocupação com elementos tóxicos gerou limites máximos para concentração de metais pesados que procuram ser seguidos para os compostos empregados nos solos pobres em matéria orgânica do Japão.

A preocupação com a melhor época de uso do composto de resíduo urbano em relação a "cura" do material foi abordada por Stickelberger (1975) e Parr (1975). Estudando o processo de compostagem, além da imobilização de N, metabólitos tóxicos foram identificados como causadores da inibição de germinação, quando foi utilizado composto oriundo de compostagem anaeróbica

As dosagens empregadas de composto de lixo urbano podem variar bastante de acordo com o tipo de solo e atividade agrícola.

Essa variação ocorre pela própria versatilidade de utilização, de fertilizante orgânico em culturas a substrato para produção de mudas, passando por áreas de conservação de solos com reflorestamento em encostas íngremes. As doses convencionalmente aplicadas nas culturas, segundo Vlamis & Williams (1972) variam de 35 a 135 t/ha visando obtenção dos máximos rendimentos de produção. Nesse caso, foram estudados tomate, alface, cevada. Duggan (1973) afirmava em sua revisão que doses de composto de resíduo urbano compreendidas entre 35 a 80 t/ha incorporados ao solo, apresentavam os melhores resultados na produção de fumo. Volk & Ullery (1973) trabalhando com composto bruto (misturado com material não compostável triturado), empregaram doses maciças de 200 a 800 t/ha em solos arenosos dos Estados Unidos, visando estudar alterações nas propriedades físicas dos solos após 1 ano. Webber (1978) também estudou física do solo ao empregar 340 t/ha de composto “cru” enriquecido com fina camada de lodo, durante 2 anos alternados. Murillo et al. (1989 a e b), estudando o efeito de doses de composto de resíduo urbano em solos calcínicos da Espanha, empregou doses de 150 e 400 t/ha acumulativamente ao longo de 4 a 6 anos para avaliar efeitos nas plantas de tomate, azevém e berinjela, além da contaminação de metais pesados no solo e planta. Fernandez et al. (1987) estudaram efeitos de composto em propriedades físicas do solo durante 6 anos com o uso de doses de 15 a 50 t/ha anualmente em solo calcínico espanhol.

Estudos realizados no Brasil trabalharam com doses de composto de resíduo urbano que variavam de 10 a 80 t/ha. Os trabalhos envolviam geralmente questões de fertilidade dos solos e seus efeitos na produção das culturas empregadas (Coelho e Silva & Döbereiner, 1979; Mazur, 1983; Guerra & Almeida, 1983; Peixoto et al., 1989; Collier et al., 1990 e Backes & Kämpf, 1991). Os níveis trabalhados estão de acordo com os incrementos de produção encontrados pelas culturas utilizadas para um composto de caracterização bastante variável para as condições brasileiras de clima e solo. O uso de doses elevadas e constantes vem despertando os estudos sobre contaminação do solo e plantas com metais pesados.

Empreendimentos realizados na década de 60 nos E.U.A, já alertaram para particularidades do emprego do composto de lixo urbano em função dos seguintes parâmetros: diferença na composição do material com variação na fração compostada, preço de fertilizantes no local de produção do composto, tipo de solo da região de uso, disponibilidade de outras fontes de matéria orgânica, raio econômico de utilização do composto e aceitação pelo mercado consumidor (Wilkey et al., 1966).

A qualidade do material, vista como principal responsável pela restrição no consumo estaria vinculada a critérios básicos para sua melhoria, tais como: agrônômico (presença de nutrientes, granulometria apropriada e ausência de fitoxidez); econômico (baixo conteúdo de água e inertes); prático (ausência de objetos metálicos e outros nocivos ao homem); estético (ausência de poluentes visuais, plástico ou papel) e higiênico (ausência de patógenos; sementes viáveis e contaminantes) (Van Assche & Uyttebroeck, 1982; Tietjen, 1975).

Quadro 1 - Resultados analíticos de amostras de composto na base de material com umidade natural e seco a 110 °C (sem considerar os inertes). Valores expressos em %.

Elementos	Origem da Amostra			
	Vila Leopoldina SP	São Mateus SP	Irajá (COMLURB) RJ	São José dos Campos SP
Umidade Natural e Seco a 110 °C	30,7	52,2	31,5	45,7
Matéria Orgânica total	89,6	43,5	31,0	38,4
Carbono total	29,0	24,2	17,2	21,3
Carbono Org.	22,2	20,3	12,0	17,1
N total	1,35	1,03	2,02	0,78
Relação G/N	21:1	27:1	10:1	27:1
pH CaCl ₂	7,9	7,5	7,9	7,7
pH água	8,0	7,7	8,1	8,1
P ₂ O ₅ total	0,61	0,67	0,72	0,48
K ₂ O total	0,55	0,55	0,70	0,46
Ca	1,28	1,18	2,78	1,48
Mg	0,16	1,28	0,27	0,11
S	0,19	0,29	0,32	0,17

* Valores divulgados no Simpósio sobre fertilizantes Orgânicos, realizado no IPT de 09 a 10/11 de 1984, São Paulo.

2.2 - O Uso do Composto de Resíduo Urbano da COMLURB

A Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro produz composto de resíduo urbano desde 1977. O material é proveniente da coleta do lixo domiciliar de alguns bairros da cidade do Rio de Janeiro (5 a 10%) do total do lixo segundo Catanhede (1977). A quantidade de lixo a ser compostada varia de 300 a 450 t diárias (COMLURB, inf. pessoais 1991). Desse total, 50% chegam ao pátio de compostagem para reviramentos periódicos até atingir a "cura". Esse mesmo material apresenta uma comercialização mensal média de 400 toneladas.

Ao ser adquirido, o material passa por peneiramento em malha 7/8 para retirar impurezas maiores. O composto obtido apresenta restrições naturais ao produtor de hortaliças e frutas, o principal comprador do material. Os efeitos no moinho de martelos, falhas na estaria de catação, reviramento de leiras em pátios não cimentados e "cura" prejudicada pelo ambiente, mantém muitas impurezas grosseiras e alto teor de sílica no produto final (COMLURB, inf. pessoais 1991). Somente com o uso de peneiras de malha menor, reduz-se o teor de impurezas físicas do composto.

Apesar das desvantagens, pesquisa realizada por Manzatto, (1981 - inf. pessoais) demonstra uma aquisição bastante diversificada do FERTILURB pelo interior do Estado do Rio de Janeiro, chegando até a Zona de Mata Mineira.

A região de Magé-RJ é a principal usuária do composto. As hortaliças que mais empregam o FERTILURB são: abóbora menina, jiló, pimentão, berinjela, inhame e batata-doce. Mandioca, café, banana, citrus, abacaxi e maracujá são outras culturas que vem recebendo aplicações do composto de lixo urbano.

As perspectivas de produção do composto de resíduo urbano a nível do Estado do Rio de Janeiro tendem a se ampliar. Além de usina de reciclagem e compostagem do Irajá-RJ, outros municípios também vem tratando a disposição do lixo urbano através da compostagem. As cidades de Petrópolis, Conceição de Macabu, Cordeiro e Arraial do Cabo irão produzir quantidades de composto variando de 6 a 80 toneladas mensais. Dentro da cidade do Rio de Janeiro, a COMLURB pretende operar a partir de 1992, a usina de reciclagem e compostagem do Caju, (empregando bioestabilizadores), com a capacidade de produção de 300 t diárias de composto (Hennes, 1991).

Reuniões promovidas em 1991 pelo IPLAN RIO (1991), tentaram estabelecer padrões específicos para o FERTILURB (composto produzido pela Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro - COMLURB). Foram discutidas médias de resultados de análises físico-químicas realizadas durante toda década de 80. As análises foram realizadas no Centro de Pesquisas aplicadas da Comlurb, Fundação Estadual do Meio Ambiente (FE-EMA - RJ), Mazur et al. (1993) e pela Universidade de Tübingen, Alemanha (citados pelo IPLAN - RIO, 1991). A proposta de ampliação da produção de composto passa pelo estabelecimento de padrões mais criteriosos visando melhoria dos resultados encontrados (desde teor de umidade até nível de metais pesados).

Quadro 2 - Resultados de concentração de metais pesados em ppm analisados em composto de resíduo urbano em alguns países.

Metais	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Analisados	Brasil	Holanda	Suiça	Alemanha	Japão	Itália	Índia
Hg	2,78	5,0	0,8	4,0	0,005	- - -	- - -
Cd	5,00	5,0	0,8	2,5	0,3	5,0	- - -
Cr	293,0	500,0	75,0	80,0	1,5	75,0	- - -
Ni	150,0	100,0	50,0	49,0	- - -	39,0	- - -
Pb	407,0	500,0	50,0	150,0	3,0	714,0	- - -
CU	485,0	600,0	50,0	150,0	- - -	494,0	29,3
Zn	999,0	2000,0	200,0	375,0	- - -	560,0	147,1
As	10,0	- - -	- - -	1,5	- - -		
Mn	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	840,0	35,0

(1) Média de amostragem do FERTILURB durante 9 anos analisadas pela FEEMA-RJ, citados por Hennes (1991).

(2) Padrões máximos recomendados para conteúdo em composto. Osthoek & Smit. (1987)

(3) Padrão e valores limites para solo e composto obtidos por Obrist (1997).

(4) Padrões em fase de adequação pela Universitat Tübingen, Kraub, citados pelo IPLAN RIO (1991).

(5) Padrões segundo legislação japonesa expressos em mg/l. Kurihara (1994).

(6) Composto empregado por Businelli et al. (1990).

(7) composto de Calcutá - dados obtidos por Chattopadhyay et al. (1986).

Quadro 3 - Resultados de análise de metais pesados em ppm no composto de lixo urbano empregado no experimento (lote de 15/09/89 analisado pela FEEMA - RJ em março de 1990)

Metais analisados em ppm	Resultado obtido	Viena Standard Commities	Council of European Communities	RFA - Univ. Tübingen
Cd	8,0	1,0 - 6,0	20,0 - 40,0	2,5
Pb	547,0	200 - 900	1000 - 1750	150,0
Cu	473,0	0 - 1000	1000 - 1750	15,0
Cr	220,0	50 - 300		60,0
Hg	2,0	1,0 - 4,0	16,0 - 25,0	4,0
Ni	60,0	30 - 200	300 - 400	48,0
Zn	1933,0	300 - 1500	2500 - 4000	375,0

2.3 - O Efeito do Composto sobre as Propriedades Químicas e Físicas do Solo

O uso do composto de resíduo urbano como fonte de matéria orgânica apresenta alguns benefícios sobre as propriedades físicas do solo. Redução na densidade aparente, maior retenção de água, maior estabilidade de agregados são alguns efeitos citados por Kiehl (1995), Braun (1964), Banse (1981), Bosse (1969), Monteiro (1981), Volk & Ullery (1973), Webber (1989), e Fernandez et al. (1987).

As transformações que ocorrem no solo quando são empregadas doses de material orgânico, não passam apenas por um processo de decomposição com liberação ou imobilização de elementos nutrientes às plantas para o solo. A estrutura química e o arranjo molecular dos componentes da matéria orgânica, ao serem alterados pela decomposição microbiana, exercem influência sobre a fração mineral do solo. Essa influência se dá através de ligações químicas sob forças de atração e repulsão entre a estrutura atômica de moléculas e elementos químicos, alterados pela ação da microbiota. Essa interação promovida, quando vista sob o conjunto maior está causando alteração entre partículas, e daí o arranjo entre essas partículas do solo chegando a estruturação do mesmo. Quando estamos alterando a estrutura do solo todas as propriedades físicas decorrentes dessa estruturação estarão sofrendo variações.

Avaliando variações desejáveis dentro das propriedades físicas do solo, o uso de matéria orgânica apresenta, vantagens sobre a agregação de partículas (estabilidade de agregados), retenção de umidade, densidade de partículas, e daí a condutividade hidráulica, porosidade de aeração e capacidade de campo. Os trabalhos e revisões de Andrioli et al. (1991); Epstein (1975) e (1978); Bayer (1972); Kiehl (1979); Ruiz & Teixeira (1991); Piccolo & Mbagwu (1990); Nuernberg et al. (1986) e Tisdall & Oades (1982), Volk & Ullery (1973) e Webber (1978) discorrem sobre a matéria orgânica influenciando propriedades físicas do solo.

Alterações no diâmetro, estabilidade e distribuição de agregados foram discutidos nos trabalhos de Volk & Ullery (1973); Webber (1978); Epstein (1975), aonde foram obtidos aumento dos agregados estáveis com maior diâmetro quando se empregou doses bastante variadas (até 180 t/ha) de matéria orgânica em solos de textura arenosa a média. Bayer, (1972) coloca que principalmente nos solos mais arenosos, o húmus coloidal (saturado com H^+ e Ca^{++}) provoca 71 a 94% de agregação contra 28 a 33% para argila nas mesmas condições. Piccolo & Mbagwu (1990) e Tisdall & Oades (1982) ressaltam a importância e a magnitude da formação de agregados dependendo de frações húmicas e de peso molecular elevado.

O efeito direto sobre o controle da erosão foi estudado por Monteiro (1981), que obteve redução de 318 kg de solo perdidos por $100m^2$, para 19 kg com aplicação de 2 metros cúbicos de composto de resíduo urbano por $1000m^2$ em áreas de encosta no Rio de Janeiro - RJ.

Banse (1961) em áreas da Alemanha com precipitações anual inferior a 600mm, demonstrou com uma única aplicação de 400 t/ha de composto de resíduo urbano, a elevação dos níveis de umidade do solo a 30%, enquanto sem aplicação raramente atingiu 20%. Bosse (1969), observou em áreas vinícolas alemãs a redução de perdas de solos de 30 para 0,2 kg/24m² com aplicação de 40 t/ha de composto de lixo urbano.

O estudo da alteração nas propriedades físicas do solo, realizado por Volk & Ullery (1973), empregou doses pesadas de composto triturado incorporado com enxada rotativa em solos arenosos dos EUA. O uso de 800 t/ha de composto criou um decréscimo na densidade aparente de 1,48 para 0,94 g/cm³ após 1 ano da incorporação. Retenção de umidade também se elevou à tensão de 0,1 e de 15 bars, porém sem alteração na curva característica de umidade dos solos, Webber (1978) encontrou resultados semelhantes trabalhando na região dos Grandes Lagos - EUA. Empregou-se o composto durante 2 anos intercalados na dose de 340 t/ha do material "cru" e triturado. Após 6 anos de observações, houve além da redução da densidade aparente, uma elevação significativa dos teores de agregados estáveis de 1 a 2 mm. Houve elevação não significativa dos teores de umidade do solo às tensões de 0,04; 0,33 e 15 bar.

Fernadet et al. (1987) empregaram composto de resíduo durante 6 anos em parcelas experimentais que totalizavam 15 t/ha e 40 t/ha de composto. Foram obtidas alterações significativas na densidade aparente, condutividade hidráulica e curva característica de umidade, de forma mais evidente na camada superficial do solo cultivado.

Epstein (1978), estudando composto e lodo de esgoto trabalharam com doses até 120 t/ha em solo textura médio ("silty loam"). Foi observada melhoria na capacidade de retenção de água e na capacidade de campo do solo estudado.

O emprego do composto de resíduo urbano em experimentos com culturas temporárias e hortaliças vem demonstrando que o material é capaz de provocar alterações no solo que resultem em melhores produtividades das lavouras. Os resultados variam em função do tipo de solo estudado, nível de manejo e composição físico-química do composto empregado.

Em Calcutá (Índia), Chattopadhyay et al. (1986) estudaram o emprego de composto de resíduo urbano em cultura de arroz irrigado. Não houve diferença entre combinações do composto com adubação N mineral (uréia) e o uso isolado do composto. A dose de 120 kg/ha de N mineral obteve os melhores rendimentos sem diferir para o composto. A elevação nos níveis de elementos nutrientes no solo foram relacionados ao incremento na produtividade com uso do composto.

Avaliando o ciclo do nitrogênio na decomposição do composto de resíduos urbanos, Knuth (1970) buscava formas de se evitar perdas maiores de N durante a compostagem. Constatou-se que as maiores alterações dos compostos nitrogenados ocorriam na fase mesofílica da compostagem. O conteúdo do N inorgânico chega a atingir 20% do N total. A maior parte dos resíduos compostados não fornece um teor de N adequado ao ataque microbiano do composto. As perdas de N podem se reduzir com controle da alcalinização equalizando a taxa de amonificação e usando compostos nitrogenados de menor imobilização microbiana.

Gontalez-Vila et al. (1982) estudando a composição orgânica do composto de resíduo urbano na Espanha identificou hidrocarbonetos alifáticos, metil-ésteres de ácidos graxos e ésteres de ftalatos. Os dois primeiros sugerem origem microbiana enquanto os ésteres de ftalatos seriam encontrados devido a resíduos de material plástico no composto. O emprego de doses de 30 t/ha na camada de 0-20 cm não causaria problemas de toxidez em função da absorção dos compostos pelos constituintes do solo e sua decomposição biológica.

Parsa & Wallace (1979) trabalhando com resíduos de cães e lodo de esgoto, concluíram que dose de 30 t/ha do material foram capazes de fornecer Fe na cultura de sorgo de forma mais eficientemente do que formulações minerais. Os materiais estudados seriam potencialmente aptos para correção de baixos níveis de Fe e micronutrientes em solos calcínicos da Califórnia EUA. Também estudando solos de formação calcária, Cabrera et al. (1990) avaliaram o "pool" de P após aplicações sucessivas de composto de resíduo urbano na Espanha. Doses de 150 a 400 t/ha durante 8 anos acumulativamente, provocaram alterações nos níveis de P do solo. O teor mais elevado de composto foi capaz de aumentar o P total do solo. P - orgânico também se elevou com aplicação do composto. Não houve diferença entre as doses de composto e o emprego de fertilizantes fosfatados minerais para P disponível. O emprego das doses elevadas de composto também elevou as formas de P ligadas a cálcio e P residual.

Murillo et al. (1989) estudaram o efeito do composto de resíduo urbano em propriedades químicas de um solo calcítico. Doses de 150 a 400 t/ha foram aplicadas acumulativamente durante 6 anos em parcelas cultivadas com azevém, trevo, tomate e berinjela. As culturas tiveram um incremento de produção na matéria seca. Os padrões de fertilidade do solo foram elevados através do incremento dos níveis de cátions trocáveis, % de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo total. Os resultados foram mantidos até a profundidade de 22 cm. Os níveis de pH não apresentaram alterações significativas. Trabalhando com as mesmas doses com as culturas de azevém, tomate e berinjela houve incrementos de produção significativos. Porém, a elevação nos níveis de Na para 3X, chegou a ser encarado como um problema de contaminação do solo.

Harada & Inoko (1980) trabalharam com a capacidade de troca de cátions em relação ao grau de nutrição dos compostos de resíduos urbanos no Japão. Objetivando estimar a melhor época para aplicação do composto no solo, os autores observaram uma correlação negativa altamente significativa entre CTC e a relação C/N. A CTC dos compostos se elevou durante os 7 primeiros dias de compostagem, decrescendo durante 2 dias e se elevando gradualmente ao fim do reviramento das leiras de compostagem. A CTC dos ácidos húmicos se elevou à medida que o processo de humificação avançava. A determinação do ponto de "cura" para incorporação ao solo, apresentaria CTC acima de 60 meq/100 g de material livre de cintas.

Peixoto et al. (1989), trabalhando com a compostagem do lixo reciclado da COMLURB, buscava a liberação de P solúvel ao adicionar fosfatos naturais a fração orgânica do lino além do enriquecimento do material ao final da compostagem. Não foi obtida a liberação de P esperada dentro de 3 níveis pH trabalhados. A explicação estaria na baixa acidez inicial do material dificultando a solubilização da rocha fosfática, além da imobilização microbiana de P. O aumento da disponibilidade de P residual só foi obtido quando se adicionou superfosfato triplo no início da compostagem do lixo urbano.

Mazur et al. (1983), estudando o efeito do composto de resíduo urbano da COMLURB na disponibilidade de fósforo assimilável, observou uma elevação nos níveis de P assimilável, em todas as parcelas. O valor médio das parcelas que não receberam o composto foi de 21 ppm e de 31 ppm para aquelas que receberam o composto (P extraído pelo método do Carolina do Norte).

Vlamis & Williams (1972) trabalhando com lodo e composto de lixo, confirmaram o aumento da produção de tomate, alface e cevada, com uso de tais fontes de matéria orgânica. A liberação lenta de nutrientes foi constatada e, os máximos rendimentos ocorreram na combinação de 200 kg N mineral/ha na forma de nitrato de amônio e 135 t/ha de material orgânico.

2.4 - Efeito do Composto na Produção e Concentração de Metais Pesados no Solo e Planta

Uma das preocupações freqüentes envolvendo o uso agrícola do composto de resíduo urbano é sua concentração de metais pesados. Apesar dos diversos trabalhos realizados durante décadas, principalmente no exterior, ainda há muito a ser realizado no Brasil no que diz respeito as relações solo-planta envolvendo translocação de metais pesados do composto e lodo de esgoto, para os diversos ambientes edáficos, e daí aos vegetais estudados.

A utilização do composto de resíduo urbano é avaliada sob a ótica da contaminação do solo com metais pesados no trabalho de Murillo et al. (1989). Foram empregadas doses de 200 t/ha ao total de 4 anos com o trevo, 300 t/ha por 3 anos no azevém e 400 t/ha por 6 anos no tomate e berinjela. Foi obtida elevação significativa dos teores de Zn, Cu e Na nas plantas, o nível de Cu chegou a 25 ppm se tornando tóxico em azevém para alimentação animal. Os teores de Na no trevo ultrapassaram 400% em relação à testemunha. O teor de Mn em tomate e berinjela decresceu com a acumulação de composto.

Businelli et al. (1990) trabalharam com doses de 300 a 900 q/ha (q = 100 Kg) para a cultura de milho, com incrementos na produtividade do milho em relação à testemunha, sem superar a adubação mineral.

Analizando o teor de metais pesados que translocou para a planta, Cu, Zn e Mn foram absorvidos em grande quantidades e distribuídos pela parte aérea, folha, espiga e colmo. Pb, Cr e Ni foram somente absorvidos e concentrados nas raízes não completando a cadeia alimentar Cd não foi encontrado a níveis mensuráveis.

Giordano et al. (1975) cultivaram milho doce e feijão-de-vagem durante 2 anos, em parcelas que receberam separadamente composto de lodo e ZnSO_4 em concentrações de Zn equivalentes às encontradas no lodo e composto de lodo. As análises de solo demonstraram que as concentrações de Zn foram maiores nos tratamentos com o ZnSO_4 do que com os compostos orgânicos. A concentração foliar foi mais elevada com de ZnSO_4 , equivalendo a 3 vezes àquela obtida com o uso dos compostos orgânicos. As doses mais elevadas de ZnSO_4 e lodo reduziram a produção de vagens maduras e teor de matéria seca do feijão de vagem. Os teores de Zn nas brotações foram superiores às das vagens. No mesmo trabalho, em relação aos outras metais analisados obtiveram-se os seguintes resultados: Cd se elevou no solo 3 vezes mais com as aplicações de lodo e composto; Cd e Ni foram ligeiramente maiores nas vagens e gavinhas tratadas com lodo; as concentrações de Cd foram mais elevadas na matéria verde (4,8 ppm) do que no grão (1,0 ppm); Pb não foi afetado na forragem e grão de milho com o uso dos resíduos orgânicos; níveis elevados de Pb nas gavinhas e vagens quando se empregou o lodo; as análises de solo após um ano da aplicação dos materiais orgânicos recuperaram 1/2 da concentração de Zn, Cu, Pb e Cd e 1/10 de concentração inicial adicionada de Ni e Cr.

Van Assche & Uyttebroeck (1982) estudaram o emprego do composto de resíduo urbano na floricultura e olericultura na Bélgica. Com a evidente contaminação de metais pesados no composto empregado, o trabalho se propunha a testar o uso de trocadores de íons a fim de reduzir o efeito tóxico e salino dos metais presentes. Para o cultivo de alface, o uso de K^+ como trocador iônico não amenizou o efeito tóxico de Cu, Zn e Pb. No caso das plantas ornamentais (*Apium graveolens*), o uso de nitrato combinado com doses de composto elevou o peso médio de planta, o que não ocorreu para alface. A influência dos sais clorados e o teor elevado de metais, aos quais a alface seria mais sensível, explicaram o efeito depressivo do composto na hortalica. Os mesmos autores empregaram diferentes proporções da mistura composto e solo arenoso de coníferas, visando substrato para plantas ornamentais. A proporção 1:3 (composto:solo) foi a de melhor desempenho para a formação de mudas das espécies *Chrysanthemum morifolium*, *Pelargonium zonale* e *Dieffenbachia perfecta*, aonde o desenvolvimento vegetativo não foi prejudicado pelos teores de metais pesados e sais do composto.

Em abordagem mais ampla, Simeoni et al. (1984) concluíram que restrições ao uso de materiais orgânicos que contenham metais pesados, não dependem somente da natureza e quantidade do material adicionado, mas também de composição química e mineralógica do solo. A disponibilidade de metais pesados é controlada também pelo pH, CTC e conteúdo de matéria orgânica existente no solo. Vlamis & Williams (1972) confirmam a redução de produtividade quando o composto é trabalhado em solo muito ácido. A adição de calcário trazendo o pH próximo da neutralidade evitou a toxicidade de Zn e Cu.

Avaliações do uso de composto de resíduo urbano de Porto Alegre-RS podem indicar que não houve problemas de contaminação dos grãos de milho com Ni, Pb e Cd dentro dos níveis de até 160 t/ha (Moraes & Selback, 1991).

Lockeretz et al. (1984) estudando sistemas de agricultura orgânica e convencional nos EUA, obtiveram produtividade de milho somente 8% inferior ao sistema convencional, porém com um teor de aminoácidos maior por unidade de área.

Trabalhos de Shortall & Liebhardt (1976) com esterco de suínos em milho identificaram uma queda na germinação e crescimento de milho com as dosagens próximas 200 t/ha. A salinidade do material orgânico foi a causa provável dessa redução. Para o experimento estudado a aplicação de sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e a elevação dos níveis de sódio poderiam causar tal efeito, mas não houve magnitude principalmente pela dosagem moderada que foi empregada em solo arenoso.

Vitosh et al. (1973) conduziram o trabalho de 6 a 9 anos com estercos animais em solo arenoso e textura média com milho para grãos e silagem. A avaliação de produção considerou ser mais interessante a dosagem de 22,4 t/ha. Doses maiores incorrem em desbalanço nutricional em função de excesso de K. Mugwira (1978) utilizou esterco de gado leiteiro em solo argiloso com doses de até 160 t/ha durante 3 anos com milheto e azevém, onde as aplicações de 22 e 44 t/ha foram mais eficazes para estimular o crescimento e rendimento de forragem principalmente do milheto. Doses elevadas prejudicaram a produção pela alta concentração de nitrato em plantas e no solo.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local do Experimento

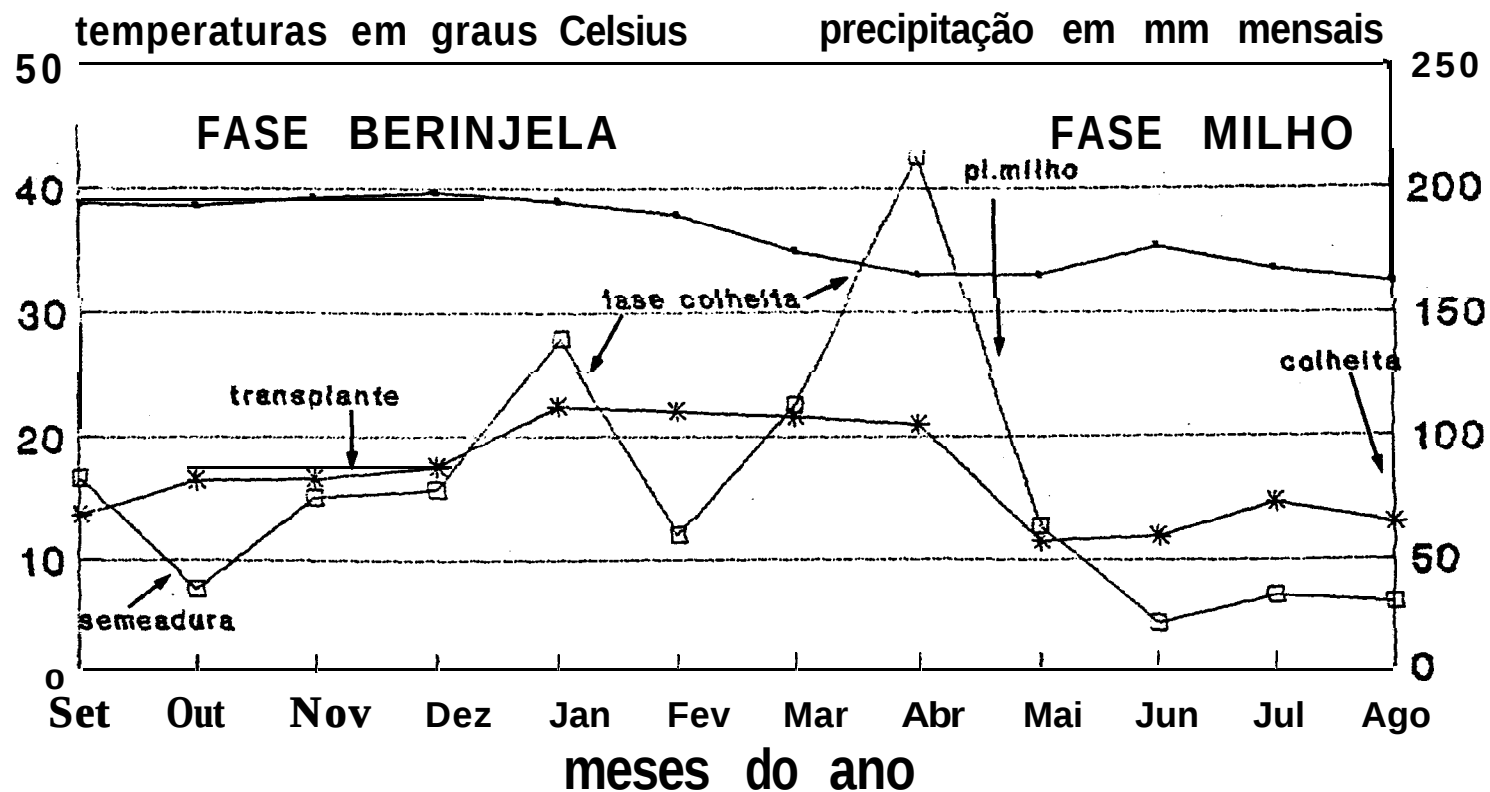
O experimento foi instalado no setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia no Campus da UFRRJ. A área localiza-se no distrito de Seropédica, município de Itaguaí-RJ, situado a 22°49' S de latitude e 43°44'W de longitude a 30m de altitude, (IBGE, 1989)

Segundo a classificação de Köeppen, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico com verões quentes ($t^a > 22^{\circ}\text{C}$), inverno sem seca (precipitação > 60 mm). Os dados climatológicos encontram-se no gréfico 1.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo série Ecologia, ocorrendo no município de Itaguaí e áreas de abrangência da UFRRJ. A área experimental encontrava-se em pousio por um período maior que 5 anos, sendo anteriormente utilizada para aulas práticas e experimentais na área de olericultura. As análises químicas e físicas de solo foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da UFRRJ e os métodos utilizados foram aqueles descritos pela EMBRAPA, (1979). A pesagens dos materiais colhidos nos experimentos foram realizadas no laboratório da setor de Horticulture do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

GRÁFICO 1

Temperatura / Precipitação
Fase Experimental Total



- - t^s máxima absoluta

-*- t^s mínima absoluta

-□- precipitação (mm)

3.2 - O Delineamento Experimental

O ensaio foi instalado em esquema fatorial 3x2x3, e implantado no campo em delineamento de blocos ao acaso com 18 tratamentos em 3 repetições, totalizando 54 parcelas (Quadro 4).

Foram empregados 3 níveis de adubação orgânica de composto de lixo urbano da COMLURB (FERTILURB) - 0,20 e 40 t/ha, 2 níveis de adubação mineral NPK - 0 e 70 kg/ha e, 3 fontes de Ca^{++} e Mg^{++} : Testemunha, calcário dolomítico ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) e gesso agrícola + sulfato de magnésio.

De acordo com a análise de solo inicial (quadro 5), não houve necessidade de neutralização de acidez causada por Al^{+++} trocável (De-Polli et al., 1988). Porém, em se tratando de uma solanácea (*Solanum melongena* L.) a exigência da cultura em Ca e Mg determinou uma recomendação de aproximadamente 950 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT 80%) na proporção de 28% de CaO e 11% de MgO. Nos tratamentos com gesso agrícola, a dosagem foi equivalente a 1281 kg/ha de CaSO_4 . Para evitar o efeito isolado do Ca^{++} , houve complementação aos tratamentos com gesso, de 361,7 kg/ha de sulfato de magnésio (MgSO_4).

Os resultados de análises de P e K e as exigências de N da cultura, determinaram a recomendação de adubação mineral para a cultura (De-Polli et al., 1988). Foram aplicados 60 kg/ha de N, 30 kg/ha de P_2O_5 e 90 kg/ha de K_2O .

Quadro 4 - Croqui Experimental da área do Ensaio de Campo

A18	A 5	A14	A13	A10	A 1
A 6	A15	A 4	A 9	A 2	A11
A16	A 7	A 8	A 3	A12	A17
B10	B 7	B11	B3	B18	B15
B8	B12	B14	B16	B2	B 8
B13	B 5	B17	B14	B9	B1
C17	C14	C11	C8	C18	C15
C10	C 7	C 4	C1	C5	C2
C12	C5	C6	C3	C16	C13

Bloco A = 1ª repetição

Bloco B = 2ª repetição

Bloco C = 3ª repetição

1- testemunha	10 - 20 t/ha comp. + NPK
2- calcário dolomítico	11 - 20 t/ha comp. + NPK + calc. dol.
3 - gesso + $MgSO_4$	12 - 20 t/ha comp. + NPK+gesso+ $MgSO_4$
4- NPK	13 - 40 t/ha comp.
5- NPK + calcário dol.	14- 40 t/ha comp. + calc. dol.
6- NPK + gesso + $MgSO_4$	15- 40 t/ha comp. + gesso + $MgSO_4$
7- 20 t/ha composto	18- 40 t/ha comp. + NPK
8- 20 t/ha comp. + Calc. dol	17- 40 t/ha comp. + NPK + calc. dol.
9- 20 t/ha comp. + gesso+ $MgSO_4$	18 - 40 t/ha comp. + NPK+gesso+ $MgSO_4$

Quadro 5 - Resultado de análise de rotina do solo amostrado antes da instalação do experimento, (EMBRAPA, 1979).

ELEMENTOS			RESULTADO	
meq/100 de solo				
K+	(trocável)	0,11	Unidades de pH	5,6
Ca++	" "	1,52		
Mg++	" "	0,75	% de Matéria Orgânica	0,88
Al+++	" "	0,03		
Acidez pot. (pH 7,2)		1,27	P assim. (P ₂ O ₅ em ppm)	30,0
S (soma de bases)		2,45	Saturação de	
T (total de cátions)		3,73	Bases v %	65,8

A quantidade de NPK aplicada corresponde a 70 kg/ha da fórmula 10-5-15. Os altos níveis de P encontrados na análise inicial do solo, se devem a utilização anterior de adubação em culturas empregadas em aulas práticas de olericultura.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e contrastes de médias pelos testes Tukey e Duncan a 5% de probabilidade (Gomes, 1984). As análises estatísticas foram desenvolvidas nas instalações do CNPBS - EMBRAPA.

3.3 - Hortaliças Cultivadas

Foi escolhido para o ensaio o híbrido F-100 de berinjela pela sua alta produtividade, constituindo-se uma opção para os agricultores locais como hortaliça adaptada às condições de clima no verão. Em sucessão ao cultivo de berinjela foi testada a cultura de milho doce cultivar PESAGRO sem aplicação de insumos. A cultura se desenvolveu somente sobre efeito residual dos tratamentos do verão. Além do mercado de milho verde no inverno, pretendia-se avaliar o potencial de uso da matéria verde para alimentação animal a baixos custos para o agricultor. Este último objetivo ficou comprometido pela ausência de análise foliar do material colhido.

3.4 - Fonte de Matéria Orgânica

Foram adquiridas 8,5 t de composto de lixo urbano (FERTILURB) diretamente do pátio de compostagem da COMLURB. O material já se encontrava "curado" mas apresentava teor de umidade elevado. Ao ser descarregado no pátio do setor de Horticultura da UFRRJ, o composto permaneceu enleirado em pilha única durante cerca de 40 dias. Nesse prazo procurou-se atingir menor umidade e preparar o material através de peneiramento para incorporação na área do experimento. Durante este período não foi realizado reviramento da leira. Foram feitas amostragens visando determinação do teor de umidade, impurezas (inertes) e posteriormente, análise de metais pesados.

As amostras foram retiradas antes da incorporação do material, pesadas e secas em estufa a 110°C para determinação do teor de umidade. Este material permaneceu em recipiente fechado no período de outubro de 1989 a fevereiro de 1990, quando foi levado aos laboratórios da COMLURB para acompanhamento da caracterização físico-química segundo metodologia descrita por Kiehl & Porta (1980) (quadro 6). Em março de 1990, o mesmo lote amostrado foi levado aos laboratórios da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEEMA - RJ) onde foi acompanhada a determinação dos teores de metais pesados segundo metodologia descrita pela EUA Environmental Protection Agency e WHO, citados por Kiehl (1980) (quadro 3).

Quadro 6 - Caracterização físico-química do Fertilurb (Lote de 15/09/89) empregado na Área Experimental. Valores expressos em base seca.

pH	(KCl 1,0 N)	7,65
Cinzas	(600 °C - %)	19,84
Sólidos voláteis	(%)	35,72
N	total (%)	1,23
C	total (%)	19,84
Relação	C/N	16,10
Cálcio	(%Ca)	3,69
óxido de Ca	(%Ca 01)	5,17
P ₂ O ₅	total (%)	0,98
K ₂ O	total (%)	0,63
Teor de umidade	(%)	33,0
Material inerte	(%)	27,0

Antes da incorporação do material, houve um peneiramento, em malha 4mm (usada em construção), evitando que o excesso de impurezas físicas fosse para o solo. Com essa medida o composto melhora suas condições de manuseio. O material foi incorporado após uma aração, através de grade niveladora a 3 semanas do transplântio das mudas.

3.5 - Condução do Experimento I - Fase Berinjela

A semeadura de berinjela foi realizada em bandejas de plástico rígido, medindo 0,40 x 0,25 m. O substrato empregado foi mistura de terriço de mata, areia e material orgânico bem curtido.

As sementes foram dispostas em 4 fileiras espacadas de 7,5 cm e cobertas com capim seco para evitar excesso de calor. Após 3 semanas de semeadura, foi feita a repicagem para sacos plásticos e após 4 semanas de repicagem, 1300 mudas foram transplantadas, havendo uma reserva 250 mudas para os casos de repasse necessário. As mudas foram espaçadas de 1,40 entre fileiras e 0,80 m entre plantas. Cada 3 fileiras de 6,4m de comprimento com 8 plantas constituía uma parcela experimental, totalizando-se 24 plantas.

A irrigação na cultura não seguiu uma recomendação técnica segundo cálculo de disponibilidade de água e evapotranspiração. Houve regas periódicas com aspersores e mangueira comum. Constatou-se que pela baixa eficiência das regas, a cultura teve estresse hídrico.

Capinas manuais e mecânicas foram executadas até o primeiro mês de transplântio. Devido ao verânico prolongado, houve ataque de percevejo (*Coritavca* spp), exigindo aplicação de inseticida sistêmico (Orthene a 100g/100l pó molhável).

As plantas foram desbrotadas 3 semanas após o transplântio. Por ocasião da cobertura nitrogenada foi realizada o amarrio/tutoramento das plantas com estacas de bambu. A operação evitou quebra de galhos durante o crescimento dos frutos.

3.8 - Análises Realizadas Durante o Experimento

Durante a condução do experimento de berinjela, foram feitas amostragens de solo nas 54 parcelas para determinação de alguns parâmetros de rotina ao final do mês de janeiro de 1990. Foram analisados Ca, Mg, Al, K, Na trocáveis, P assimilável, pH em água, e acidez potencial de H e Al, empregando a metodologia do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1979), enquanto a % de Carbono pela metodologia de Walkley-Elack (1934).

No início de fevereiro de 1990, nova amostragem de solo foi realizada nas parcelas experimentais para determinações de macro e microporosidade, equivalente de umidade e condutividade hidráulica. As amostras coletadas com o aparelho de Uhland fizeram parte de seqüência de determinação da condutividade hidráulica e a macro e microporosidade (UFRRJ, 1986).

As colheitas de frutos da berinjela se iniciaram a 12 de janeiro e terminaram a 9 de abril de 1990. O híbrido F-100, nas condições encontradas, ainda teria condições de produzir por mais 46 dias (Camar-go, 1984), porém com a necessidade de avaliação do comportamento do milho doce como cultura subsequente, a berinjela foi retirada a 18 de abril, sendo descartada sua última colheita. Foram realizadas 13 colheitas com intervalos de 4 a 10 dias e foram bastante influenciadas pelas condições climáticas. Os frutos eram retirados com auxílio de tesoura de poda, mantendo-se o pedúnculo. O transporte para o laboratório era feito em sacos plásticos identificados. Não foi feita classificação quanto a peso e tamanho comerciais dos frutos. Durante a contagem e pesagem, os frutos podres, passados, deformados e com coloração atípica foram estimados em cerca de 15% do total colhido e pesado. As planilhas de campo eram preenchidas a cada colheita conforme quadro 4.

Para evitar o efeito externo, colhia-se a fileira central de 9 plantas de cada parcela constituindo-se área útil para avaliação dos resultados. Os frutos colhidos ao total de 13 colheitas compõem a produção total de frutos extrapolada para 1 hectare. O peso total de frutos de cada colheita dividido pelo número de frutos por parcela útil, forneceu o peso médio de frutos. O resultado vem de uma média de 12 colheitas, devido a perda do número de frutos de uma das colheitas. Tomando-se o peso total de frutos e dividindo pelo total de plantas da fileira, obteve-se a produção média de 13 colheitas por planta em g, que funciona como parâmetro indireto da produção de berinjela. O número de frutos por planta foi determinado pela razão entre o total de frutos para cada colheita e o número de plantas da parcela útil.

3.7 - Condução do Experimento II - Fase Milho Doce

Após a última colheita de berinjela, as plantas foram arrancadas juntamente com as estacas de tutoramento para facilitar a passagem de grade niveladora, efetuando o preparo do solo para a semeadura do milho doce cultivar PESAGRO. Mesmo com o arranquio das plantas, houve incorporação de resíduos de cultura de berinjela na área do ensaio. O terreno foi sulcado e sendo o plantio realizado dia 30 de abril. Foi usada a densidade de 10-12 sementes por metro linear de sulco, estando as fileiras espaçadas de 0,85 m em média. Cada parcela continha 4 fileiras de 6,4 m de comprimento constituindo um “stand” médio de 150 plantas.

A identificação das parcelas correspondentes aos tratamentos permaneceu a mesma do experimento anterior (quadro 4).

Três semanas após a germinação, foi feito um desbaste, deixando 6 plantas por metro linear de sulco. Ao final do primeiro mês, foi necessária a aplicação de inseticida do grupo dos carbamatos (Shellvim-pó seco 7,5 kg/ha), visando o controle de lagarta rosca que atacou o colo das plântulas. A distribuição de chuvas no período foi regular e as temperaturas foram amenas, favorecendo o desenvolvimento de cultura mesmo sem irrigações complementares (Gráfico 1).

3.8 - Análises Realizadas Durante o Experimento II

Por volta dos 110 dias de condução do experimento, atingiu-se o ponto de colheita do material como milho verde. Foram colhidas somente duas fileiras centrais, desprezando-se 0,40m de cada extremidade da fileira. As espigas verdes foram transportadas até o laboratório de Horticultura em sacos plásticos identificados.

As pesagens e contagens do material colhido geraram os resultados referentes aos parâmetros de interesse. O peso total das espigas colhidas e o número total de espigas antes de despalhar foram extrapolados para 1 ha. As espigas colhidas foram pesadas individualmente e, aquelas que tinham peso superior a 115g sem palha eram consideradas espigas comerciais. A razão entre o peso total de espigas e o número total de espigas proporcionou o parâmetro peso médio de espiga. As espigas foram pesadas com palha e sem palha uma a uma por parcela, e a razão entre o total de espigas e o peso total das espigas sem palha constitui o índice de palha.

Uma semana após a colheita das espigas, as plantas das 2 fileiras centrais foram cortadas na base e pesadas em feixe através de dinamômetro montado no campo para evitar perda de peso. Foram seguidos os mesmos cuidados da colheita das espigas para evitar o efeito externo. Os resultados da pesagem nos forneceram o peso da matéria verde

O delineamento experimental empregado para análise estatística foi o mesmo do Experimento 1. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e contraste de médias pelos testes Tukey e Duncan, ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1984). As análises foram realizadas nas unidades do CNPDS - EMBRAPA. Os resultados das análises químicas de solo e equivalente de umidade, contaram com mais de uma fonte de variação que foi a época de amostragem.

Na primeira semana de setembro de 1990, após a colheita de matéria verde, nova bateria de amostragens de solo foi realizada nas parcelas experimentais. Foram realizadas análises de P assimilável, pH em água, % de carbono, Ca, K, Na, Mg, Al trocáveis e acidez potencial de H e Al. Não foram repetidas amostragens para análise de macro e microporosidade do solo e condutividade hidráulica. Na mesma bateria de amostras de solo empregadas para análise de rotina, foram realizadas as análises de equivalente de umidade. As análises foram realizadas segundo metodologia citada no item 3.7

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. - Fertilidade do Solo

4.1.1 - Potencial Hidrogeniônico (pH)

A avaliação de fertilidade do solo passa pelo índice pH, que nos auxilia na interpretação dos resultados ocorridos com os elementos nutrientes minerais de interesse e presentes na solução do solo.

Antes da avaliação dos valores obtidos de pH do solo no trabalho em questão, cabe discutir a metodologia. Ao se iniciar o experimento, amostras de solo da área experimental foram submetidas à leitura do pH em H_2O . A leitura de Al^{+++} foi praticamente nula no extrator de KCl titulado com NaOH. Durante a fase experimental, duas outras baterias de análises de rotina de solo foram realizadas. As leituras de pH em água, demonstram uma elevação média nos valores de 5,60 para 6,36 unidades de pH (quadros 5 e 7), sendo na titulação de Al, encontrados níveis de até 0,19 meq de Al/100g de solo (quadro 8). Esse resultado demonstra uma crítica à metodologia, ao se encontrar Al trocável a níveis de pH superiores a 5,5. Sabe-se que as formas solúveis e trocáveis de Al no solo não estariam disponíveis em tal faixa de pH (Bohn, 1985, Mangel & Kirkby, 1978).

Quadro 7 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem no pH do solo.*

Tratamentos	Unidades de pH
0 t/ha composto	5,79 b
20 t/ha composto	6,28 a
40 t/ha composto	6,36 a
testemunha	6,09 b
Calcário Dolomítico	6,34 a
Gesso a Sulfato de Magnésio	8,00 b
Fase Berinjela	8,25 a
Fase Milho Doce	8,04 b
Ausência de NPK	6,13
Presença de NPK	6,15
c.v - 5,59 %	

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 6% de significância pelo teste Tukey.

Para este caso, seria mais conveniente que tivesse sido feita a leitura do pH em solução salina de CaCl_2 ou KCl, de forma semelhante ao extrato empregado na determinação de Ca, Mg e Al, pois o pH do solo obtido seria menor. No caso da determinação inicial, mesmo em meio salino, o valor de pH do solo não estaria de acordo com a determinação de Al. Outro problema que poderá ocorrer, estaria ligado a solos que receberam adubação orgânica. O extrator de KCl empregado poderia nestes casos trocar teores variáveis dos outros elementos devido ao H presente no material orgânico. Esta hipótese confirma a existência de um alto coeficiente de variação nos resultados obtidos para Ca, Mg, K, Na e Al neste trabalho (Santos e Velloso, Inf. Pessoais 1992).

Possível liberação de alumínio ligado a fração orgânica pode ter ocorrido nos tratamentos com doses de composto (Stevenson, 1981, Fox & Kamprath, 1971). No entanto, não se tem certeza se o extrator empregado (KCl) seria capaz de trocar formas de Al menos solúveis a 6,0, tendo em vista a possibilidade de acidificação pelo uso da adubação mineral nitrogenada com base no sulfato de amônio (Vitoah, 1973).

Os resultados obtidos na análise estatística mostraram aumentos no pH do solo de 6,79 para 6,28 e 6,36 com aplicação de 20 e 40 t/ha de matéria orgânica em relação à testemunha, com redução de Al no solo. A dose de 40 t não superou àquela de 20 t/ha (quadro 7).

O uso de calcário dolomítico superou o gesso e a testemunha, na levção de pH do solo obtida, apesar de ambos estarem com pH em torno de 6,0. Foi verificado também uma ligeira queda no pH do solo entre o cultivo da berinjela e o do milho doce.

Esta redução de pH do solo é explicada pelo efeito temporário das doses de matéria orgânica empregadas, que em função de seu maior grau de mineralização quando as frações húmicas do solo já estão transformadas, deixando de causar alterações no equilíbrio químico do solo (Hoyt & Turner, 1975). O consumo de nutrientes pelas culturas de berinjela e milho doce e a lixiviação natural de bases, também podem ocasionar um decréscimo no índice de pH do solo.

A composição química da fonte de matéria orgânica além de sua natureza, justificam a elevação de pH ocorrida. Considera-se elevada a concentração relativa de Ca no composto (5,17% de CaO), apesar de não ser realizado o fracionamento do material orgânico, pela elevação de pH, acredita-se que o pKm do composto estaria acima do pH do solo, indicando capacidade de elevação do pH após o contato com o solo da área experimental (Ritohie & Dolling, 1986).

Segundo Alexander (1965), a atuação microbiana sobre a matéria orgânica leva a transformações que tendem a alterações de pH do solo. Nicolaud et al. (1990), obtiveram elevação do pH de 5,4 para 6,2 com aplicação de esterco animal até 108 t/ha. Guerra & Almeida (1993) comprovaram a viabilidade do uso do composto de resíduo urbano como corretivos através da elevação de pH em solo cultivado com milho. Santos & Stamford (1991) também obtiveram elevação do pH com o calcário e composto, explicada através dos níveis de Ca e Mg em LVa de Pernambuco. No Rio Grande do Sul, Moraes & Selback (1991), observaram o mesmo efeito de pH para as doses a partir de 20 t/ha confirmando os resultados obtidos no experimento em questão. A elevação de pH obtida com o calcário, é plenamente explicada dentro da dose empregada. Da mesma forma, a ausência de variação com o uso de gesso agrícola se deve a maior distribuição de Ca e S no perfil do solo, gerando cargas que neutralizam a acidez de H e Al (Van Raij, 1988).

4.1.2. - Alumínio Trocável

Os resultados obtidos demonstram uma redução significativa dos teores de Al em presença de doses de composto de resíduo urbano. Os níveis de Al se reduziram de 0,19 na testemunha para 0,11 meq/100g de solo na dose de 40 t/ha de composto (quadro B).

A redução dos níveis de Al ocorrida com o uso de doses de matéria orgânica também foi obtida por Mazur et al. (1983 b), Gianello & Ernani (1983), Ouggen (1973), Santos & Stemford (1991), Coelho e Silva & Döbereiner (1978), Costa & Sens (1991). As fontes de Ca e Mg não provocaram alterações nos teores de Al trocável, contrariando os resultados obtidos por Pretotti et al. (1989) e Erneni & Gianello (1982). É reletada, a possível complexação dos cátions metálicos Al^{+++} com radicais orgânicos mesmo com a comprovada ligação maior de Al trocável à fração mineral (Cabrera & Telibudden, 1977 a Hoyt & Turner, 1975).

Dentro das épocas de amostragens, houve elevação significativas dos teores de Al trocável de 0,12 para 0,17 meq/100 de solo (quadro B). Estes níveis de alumínio são bastante reduzidos se considerarmos o aspecto deletério ao desenvolvimento das culturas de berinjela e milho doce (Haag & Home, 1968). É possível que, mesmo sendo o Planossolo um solo de baixo teor de argila no horizonte subsuperficial (predominância da zona redicular), com o cultivo sucessivo demandando extração de bases sem reposição e ocorrência de lixiviação, pode ter ocorrido uma elevação relativa dos teores de Al^{+++} na época de amostragem do caso estudado.

Quadro 08 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre Al trocável no solo pelo método EMBRAPA (1979). *

Tratamentos		Al trocável em meq/100g de solo
0 t/ha composto		0,19 a
20 t/ha composto		0,13 b
40 t/ha composto		0,11 b
Fase	Berinjela	0,12 b
Fase	Milho Doce	0,17 a
Ausência de fonte de Ca e Mg		0,16
Calcário Dolomítico		0,13
Gesso + Sulfato de Magnésio		0,15
Ausência de NPK		0,15
Presença de NPK		0,14
C.V. = 85,0 %		

* As médias seguidas de mesma letra diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

O efeito temporário de complexação do Al com colóides orgânicos é citado por Hoyt & Turner (1975) e seria uma provável explicação para a elevação nos teores de Al trocável após meses da aplicação do composto (já na fase milho doce).

Segundo Nicolaud et al. (1990), os baixos níveis de Al encontrados no solo seriam responsáveis pela ausência do efeito da matéria orgânica sobre os demais macronutrientes, o que não se verificou para o experimento em questão.

4.1.3 - Acidez Potencial (H^+ e Al^{+++})

A análise de acidez potencial de H^+ e Al^{+++} a pH 7,0 apresenta uma conotação diferente dos outros elementos. A extração de bases trocável do solo utiliza em seus métodos, ácidos ou substâncias de caráter acidificante simulando uma condição existente de equilíbrio químico no solo. Na extração de Al^{+++} e H^+ com extrator neutro como é o caso do acetato de sódio a pH 7,1-7,2, não representa as condições de pH dos solos estudados, logo não se constitui acidez trocável.

Apesar das considerações, o método empregado quantifica H e Al nestas condições auxiliando algumas interpretações no que concerne a fertilidade do solo. Há uma redução significativa nos teores de H e Al de 1,57 para 1,11 e 0,95 meq de H^+ Al/100 g de solo com o uso de 20 e 40 t/ha de composto e, o efeito de época foi marcante, ocorrendo uma queda nos níveis de acidez de 1,83 para 0,59 meq de H^+ Al/100 g de solo (Quadro 9). O uso do calcário também reduziu os teores de 1,37 para 0,98 meq de H^+ Al/100 g em relação à testemunha, embora não diferisse de aplicação de gesso.

Quadro 09 - Efeitos dos tratamentos e épocas de amostragem sobre acidez potencial a pH 7,0. *

Tratamentos	H ⁺ Al ⁺⁺⁺ em meq/100g de solo
0 t/ha composto	1,57 a
20 t/ha composto	1,11 b
40 t/ha composto	0,95 b
Testemunha	1,37 a
Calcário Dolomítico	0,98 b
Gesso e Sulfato de Magnésio	1,27 ab
Fase Berinjela	1,83 a
Fase Milho Doce	0,59 b
Ausência de NPK	1,17
Presença de NPK	1,25
C.V. = 52,73 %	

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Quadro 10 - Efeito de Interação entre doses de composto (t/ha) e Épocas de Amostragem sobre a acidez potencial do solo

Doses de Composto	Fase Berinjela	Fase Milho Doce
0 t/ha	2,46 A a	0,68 B a
20 t/ha	1,66 A b	0,56 B a
40 t/ha	1,37 A b	0,53 B a
C.V. = 52,73 %		

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

O efeito de interação entre as doses de composto e as épocas de amostragem, demonstra a queda acentuada da acidez tanto na testemunha quanto nas doses de composto do fase berinjela para e fase milho doce. Avaliando o efeito isolado das doses da composto dentro de cada época, observou-se pequenas reduções nos teores de $H^+ Al$ no solo, em presença do composto orgânico após o plantio em sucessão do milho doce à berinjela apesar da não significância estatística. O contrário ocorreu no cultivo da berinjela, quando as doses de 20 e 40 t/ha, obtiveram níveis de acidez potencial inferiores à testemunha porém superiores aos valores iniciais obtidos do solo (Quadros 6 e 10). Estes resultados podem ser explicados pela decomposição inicial de matéria orgânica liberando H^+ no meio (Alexander, 1965). Além disso, a estabilização da decomposição do material orgânico, o possível efeito acidificante dos adubos por tempo determinado (Vitosh et al. 1973) e a aplicação de sais de cálcio e magnésio podem ter minimizado o efeito de acidez durante a condução dos experimentos.

A existência de níveis mais elevados de acidez próximo à época de incorporação do material orgânico (fase berinjela) é justificada na revisão de Hoyt (1977). Segundo o autor a acidez existente na matéria orgânica é devido a seus sítios de troca e, na faixa de pH de 5,5-6,0 se constitui a principal forma de acidez do solo. Para o caso do solo estudado de baixa saturação de Al, a afirmativa procede. Ainda é levantado pelo autor a existência de 1,85 meq/100g de $Al + H$ para cada percentual de matéria orgânica acrescido no solo.

4.1.4 - Cálcio Trocável

Houve um aumento dos teores de Ca^{++} no solo, após a aplicação de doses de 20 e 40 t/ha de composto de 1,08 para 1,68 a 1,72 meq de Ca/100g de solo apesar da não significância entre estas doses. As alterações existentes nos teores de cálcio do solo não foram significativas em presença das fontes de Ca e Mg usadas (Quadro 11). O consumo elevado de Ca para a nutrição mineral de uma solanácea e o baixo teor de colóides e matéria orgânica iniciais do solo, podem ter favorecido às pequenas alterações ocorridas nos teores do mesmo devido a perda por lixiviação e absorção elevada. Por outro lado, a composição química rica em Ca e sua liberação lenta através dos colóides adicionados ao solo pelas doses de composto podem explicar maiores níveis de Ca encontrados.

Esta hipótese de absorção do cálcio se confirma pelo efeito de época existente quando se observa a queda dos teores de 2,05 para 0,94 meq de Ca/100 g de solo com cultivo em sucessão do milho doce após a berinjela. Este fato é confirmado através do efeito de interação época X doses de composto, no qual houve uma queda nos níveis de Ca tanto nas doses de composto como na testemunha, quando comparou-se os dois cultivos. Entretanto, quando se analisou a aplicação de doses de composto dentro de cada época, só houve aumento nos teores de cálcio trocável no solo no cultivo de berinjela. Este resultado comprova que o material orgânico não teve efeito residual sobre os teores de Ca para a sucessão de culturas implantadas nas condições de solo encontradas (Quadro 12).

Quadro 11 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre os teores de cálcio trocável no solo. *

Tratamentos	Ca ⁺⁺ trocável meq/100g de solo
0 t/ha composto	1,08 b
20 t/ha composto	1,68 a
40 t/ha composto	1,72 a
Fase Berinjela	2,05 a
Fase Milho Doce	0,94 b
Ausência de fonte de Ca e Mg	1,43
Calcário Dolomítico	1,51
Gesso + Sulfato de Magnésio	1,55
Ausência de NPK	1,50
Presença de NPK	1,49
C.V. = 44,0 %	

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Quadro 12 - Efeito das doses de composto e época de amostragem sobre o cálcio trocável do solo em meq / 100 g de solo. *

Composto	Pré-Experim.	Fase Berinjela	Fase Milho Doce
0	1,52 A a	1,41 A b	0,75 B a
20	1,52 B a	2,31 A a	1,06 B a
40	1,52 B a	2,42 A a	1,02 B a
C.V. = 44,0 %			

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúscula na coluna) não diferem estatisticamente a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

No entanto, no caso do Planossolo, a contribuição na elevação dos níveis de Ca provocada pela adição de material orgânico (no caso do composto de lixo urbano) foi superior ao calcário dolomítico e o gesso agrícola + sulfato de magnésio.

A elevação nos níveis de Ca trocável do solo também foi obtida através do uso de matéria orgânica nos trabalhos de Vitosh et al. (1973), Moraes & Selbaok (1991), Coelho e Silva & Döbereiner (1979), Costa & Sans (1991), Maya et al. (1973), Epsteln (1976) e Murillo et al. (1989 b). No entanto, no trabalho de Ernani & Gianello (1982), o calcário superou os esterco orgânicos nos teores de Ca do solo. Santos & Stamford (1991) trabalhando com composto de lixo urbano em LVA não obtiveram alterações significativas estatisticamente nos teores de Ca e Mg, mesmo resultando em elevação de pH.

4.1.5 - Magnésio Trocável (Mg^{++})

Os resultados das análises de solo demonstraram a mesma tendência observada para o cálcio trocável. Os teores de Mg tiveram elevação com as doses de composto usadas, ocorrendo diferença significativa de dose de 20t/ha para a testemunha e sem diferença para a dose de 40t/ha (Quadro 13). O efeito de época mostrou uma queda de 1,04 para 0,36 meq de Mg/100 g de solo em relação ao cultivo de berinjela para a sucessão com o milho doce.

Quadro 13 - Efeito dos tratamentos e épocas de amostragem sobre os teores de magnésio trocável meq/100g de solo. *

Tratamentos		Mg ⁺⁺ trocável meq/100g
0 t/ha composto		0,61 b
20 t/ha composto		0,84 a
40 t/ha composto		0,85 a b
Fase Berinjela		1,04 a
Fase Milho Doce		0,36 b
Ausência de fonte de Ca e Mg		0,69
Calcário Dolomítico		0,68
Gesso + Sulfato de Magnésio		0,72
Ausência de NPK		0,74
Presença de NPK		0,65
C.V. = 54.38 %		

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5% de significância de Tukey.

Essa redução embora não ocorrendo interação com as doses de composto indica que não houve efeito residual dos tratamentos sobre o Mg do solo. As fontes de cálcio e magnésio usada não produziram alterações significativas nos teores de Mg trocável nas duas épocas de amostragem, não demonstrando efeito residual pelas mesmas condições ocorridas para o cálcio trocável.

Maya et al. (1973), Epstein (1976); Vitoah et al. (1973); Coelho e Silva & Döbereiner (1979), Moraes & Selbaok (1991), Costa & Sana (1991) e Murillo et al. (1999 b) obtiveram elevações significativas nos teores de Mg ao empregar doses de matéria orgânica ao solo. Mazur et al. (1983), trabalhando com o composto de resíduo urbano obteve valores iguais a 0,2% de Mg, enquanto a Comlurb obteve valores superiores a 4%. Essa variação e a ausência de determinação para o Mg no composto de lixo da COMLURB, não permitem discussão a respeito de um possível efeito salino no solo. A abordagem é lançada devido à obtenção da relação Ca; Mg mais estreita que 4:1 no solo trabalhado. Seria ideal para solanáceas um valor máximo de 4:1 (Haag & Homa, 1968).

4.1.6 - Potássio Trocável

Os teores de potássio trocável encontrados foram muito baixos se comparados aos níveis comumente obtidos nos solos brasileiros cultivados. Os baixos teores iniciais de matéria orgânica e a pobreza em colóides que contenham K^+ nos bordos (argilas cauliníticas), podem explicar os teores inferiores a 0,15 meq/100g. O uso de adubação NPK foi capaz de aumentar de 0,12 para 0,18 meq de K/100 g de solo (Quadro 14).

As doses de matéria orgânica usadas também produziram incrementos significativos em relação ao potássio trocável com alterações de 0,11 para 0,17 meq de K/100g de solo na dose de 40t/ha de composto. Mesmo não expressivo, os incrementos nos níveis de K devido ao calcário dolomítico foram inferiores aos do gesso com sulfato da magnésio.

A liberação de Ca^{++} e Mg^{++} como cátions bivalentes possivelmente gerou uma maior competição com o K^+ pelos sítios de troca, ocorrendo chances de maior lixiviação e maior perda de K do que no uso de gesso + sulfato de magnésio que tendem a se distribuir mais no perfil do solo (Mengel e Kirkby, 1978).

Elevação nos teores de K^+ trocável do solo com o uso de doses da matéria orgânica foram obtidas por Moraes & Selbaek (1991), Murillo et al. (1991), Mugwira (1976), Vitosh et al. (1973), Costa & Sans (1991), Nimje & Seth (1988), Mays et al. (1973) e Epstein et al. (1976).

Quadro 14 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de potássio trocável em meq/100g solo. *

Tratamentos	K ⁺ trocável meq/100g de solo
0 t/ha composto	0,11 b
20 t/ha composto	0,13 a b
40 t/ha composto	0,17 a
Ausência de NPK	0,12 b
Presença de NPK	0,16 a
Ausência de fonte de Ca e Mg	0,14
Calcário Dolomítico	0,11
Gesso + Sulfato de Magnésio	0,16
Fase Berinjela	0,14
Fase Milho Doce	0,14

C.V. = 86,90 %

* As médias dos tratamentos seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade de Tukey.

Quadro 15 - Efeito das doses de composto sobre os teores de sódio trocável em meq/100g solo. *

Doses de Composto	Na ⁺ trocável meq/100g solo
0 t/ha (testemunha)	0,04 b
20 t/ha	0,07 a
40 t/ha	0,08 a
Ausência da fonte de Ca e Mg	0,06
Calcário Dolomítico	0,06
Gesso + Sulfato de Magnésio	0,07

C.V. = 64,92 %

* As médias dos tratamentos seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade de Tukey.

Os trabalhos de Murillo et al. (1989 b) e Costa & Sans (1991) demonstram o efeito de K^+ em profundidade. Essa lixiviação poderia reduzir o efeito da matéria orgânica sobre os níveis de potássio no solo segundo Nicolaud et al. (1990). Os resultados podem ajudar a explicar o que ocorreu no trabalho em discussão, quando os autores verificaram lixiviação de potássio.

4.1.7 - Sódio Trocável

Devido à proximidade marinha, a altitude próxima a zero da região do experimento e a possibilidade de influência do lençol marinho na formação do solo justificaram a preocupação com os teores de sódio trocável do solo. O efeito de dispersão das argilas que se acumulam no horizonte B poderiam influenciar na redução da velocidade de infiltração e estado de agregação do solo, além do efeito salino, dificultando o manejo deste solo.

O uso das fontes de matéria orgânica ocasionou uma elevação nos níveis de Na trocável variando de 0,04 para 0,08 meq de Na/100g de solo da testemunha para a dose de 40t/ha de composto com este último valor não diferindo daquele obtido pela dose de 20 t/ha (Quadro 16). Estes níveis de Na trocável obtidos não atingiram valores que possam dificultar absorção de outros nutrientes, ou causar efeitos depressivos no solo (Bohn, 1985).

Trabalhos de Murillo et al. (1989 c) demonstram que doses sucessivas de até 400t/ha de matéria orgânica elevaram o teor de Na trocável ao nível excessivo de 3% sobre o total do solo representando um acréscimo de até 400% nos níveis iniciais. A elevação nos níveis de salinidade do solo devido ao Na e outros elementos como Mg e Cl, também foram encontrados em trabalhos com uso de doses elevadas de matéria orgânica, que reduziram a produtividade do milho (Shortall & Liebhardt, 1976).

Problemas também foram encontrados por Epstein (1976) ao empregar composto de lodo e lodo de esgoto para solo cultivado com milho. Backes & Kämpf (1991) observaram que o nível elevado de sólidos solúveis, que caracteriza um excesso de sais mostra inviabilidade para que o composto de resíduo urbano no Rio Grande do Sul fosse adequado como substrato hortícola. A possibilidade de salinização devido ao Na para o Planossolo estudado não chega a ser preocupante para os níveis observados. Porém, a aplicação intensiva do material orgânico em doses semelhantes aos experimentos aqui citados, poderia trazer problemas ao manejo desse solos, principalmente para plantas sensíveis ao excesso de sais.

4.1.8 - Fósforo Assimilável (Método Carolina do Norte)

A análise de variância para as médias dos resultados de P assimilável indicou uma interação significativa ao nível de 5% de probabilidade de F entre os resultados de doses de composto e épocas de amostragem. No entanto, se considerarmos o teste Tukey não houve contraste de médias significativo a 5%. Os níveis de fósforo encontrados apresentaram redução entre as épocas de amostragem dentro das doses de composto (Quadro 16). Quando se avalia as alterações no solo desde o início do experimento, o resultado é bastante significativo saindo de 30,0 para valores em torno de 60,0 ppm de P assimilável (Quadro 16), resultados que, mesmo com os questionamentos gerados pela metodologia, são atribuídos ao material orgânico empregado no solo.

O resultado da interação época X doses de composto, indica possibilidade de alteração nos níveis de P no solo em função da absorção do mesmo pelas culturas, imobilização microbiana a mineralização de P orgânico (Alimmon, 1973, Stevenson, 1992). A pouca mobilidade das formas de fósforo existentes pode ter colaborado para uma tendência de efeito residual de P na sucessão empregada. Tal fato pode ser compreendido pela ausência de diferença significativa entre os resultados obtidos nas doses de matéria orgânica empregadas em função das épocas de amostragem para determinação de P assimilável. A elevação dos níveis de 30 ppm, existentes antes da instalação do experimento, para cerca de 66 ppm, demonstram um ganho de P assimilável que não se alterou com o cultivo em sucessão.

Cabe considerar a respeito do extrator empregado que avaliando-se o aspecto nutrição das plantas, a dosagem de P através de um extrator ácido, é capaz de identificar mais P do que realmente as culturas seriam capazes de absorver nas condições de solo existentes. No entanto, mesmo com um nível de P inferior ao determinado que esteja disponível às culturas, os resultados obtidos estariam a níveis satisfatórios de P no solo estudado (De-Polli et al., 1988).

A elevação dos níveis de P assimilável no solo tem sido obtidos por Acharya et al. (1988); Moraes & Selback (1991), Nimje & Seth (1988), Mazur et al. (1983 a) e Santos & Stamford (1991) quando empregaram doses de matéria orgânica (na maioria o composto de resíduo urbano) no solo. Nimje & Seth (1988) destacam a possibilidade de associação do composto com adubação mineral visando suprir deficiência de P para a cultura de soja na Índia. Moraes & Selbaok (1991) ressaltam aumentos significativos para P no solo a partir de doses de 40 t/ha do composto e Mazur et al. (1993 a) acreditam que a fração de P foi reduzida em solo ácido daí a sua elevação como P disponível. Salek et al. (1986) observaram ausência de resposta à adubação química de P a N para o tomateiro em solo com nível elevado de P, porém obtiveram resposta às doses de matéria orgânica que foi 29% melhor que a testemunha. Aumento na absorção de P foi observada nos experimentos de Matur et al. (1983a) e Mugwira (1976) quando usaram materiais orgânicos em gramíneas.

Peixoto et al. (1989), trabalhando com solubilização de P durante a compostagem não obteve resultados expressivos em função do baixo nível de acidez, possibilitando a mobilização microbiana de P.

A pouca variação nos teores de P em relação as doses de matéria orgânica aplicada pode ser explicada pela baixa capacidade de fixação de P pelos colóides orgânicos. No caso do solo arenoso foi observado que a matéria orgânica não compete com os sítios naturais de $\text{HPO}_4^{=}$ que seriam naturalmente óxidos pouco cristalinos de Fe e Al. Por outro lado, formas minerais de Ca, Fe e Al poderiam criar complexos insolúveis de P. Formas de ligação à matéria orgânica seriam através de cátions ou inibição da formação de óxidos de Al. Foi verificada lixiviação de P para solos nessas circunstâncias (Fox & Kamprath, 1971 e Boogaard et al., 1990).

No caso do solo em questão os níveis encontrados provavelmente se devem a P ligado à fração orgânica. O baixo teor de argila a baixa saturação de Al, sugerem fraca ligação a colóides minerais. Alexander (1865) e Stevenson (1992) relatam a elevação de P no solo através do ataque microbiano na matéria orgânica estreitando a relação C/P.

4.1.9 - Matéria Orgânica

A determinação do percentual de matéria orgânica presente no solo da área experimental empregou a metodologia de Walkley - Black (1934). A escolha da metodologia se deve aos fatores que facilitam o trabalho quando comparado com o método da EMBRAPA (1979), que usa o aquecimento em chapa, não conseguindo realizar um maior número de amostras num mesmo espaço de tempo.

Além disso, por trabalharmos com um nível de matéria orgânica aqui conhecido, sem uma grande amplitude de variação, sua operacionalização na determinação do %C na solução torna-se mais facilitado sem que haja riscos de imprecisão se compararmos ao método adotado pela EMBRAPA (1979).

Com a transformação dos valores de C orgânico chega-se ao % de matéria orgânica do solo para a análise estatística destes resultados obtidos. Análise de variância não demonstrou significância a nível de 5% de probabilidade de F para os resultados obtidos (Quadro 17). A ausência de diferença estatística entra as médias dos resultados tem um significado. Ao considerarmos a época de amostragem, não houve variação entre os níveis de matéria orgânica entre cultivos sucessivos (Quadro 18). A análise química inicial do solo de área experimental determinou níveis de 0,85% de matéria orgânica, que após a incorporação dos tratamentos com o composto se elevaram e, com a sucessão de cultivos não houve declínio significativo nos seus níveis do solo. Esta conservação dos níveis de matéria orgânica em patamar superior ao inicial pode ser considerada como um resultado positivo em termos de manejo de planossolos degradados com potencial de uso agrícola.

A elevação significativa dos teores de matéria orgânica foi obtida nos trabalhos de Moraes & Selbaok (1991); Murillo et al. (1988 b), Coelho e Silva & Döbereiner (1979), Vitoah et al. (1973) e Acharya et al. (1888).

Quadro 16 - Efeito de interação entre doses de composto e época de amostragem nos teores de P assimilável em ppm.

		Época de Amostragem		
Doses de Composto		Pré-Experim.	Berinjela	Milho Doce
Testemunha	0 t/ha	30,0 A a	60,6 A a	53,3 A a
	20 t/ha	30,0 A a	59,8 A a	57,3 A a
	40 t/ha	30,0 A a	64,6 A a	57,2 A a

C.V. = 20,13 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Quadro 17 - Efeito entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o teor de matéria orgânica do solo em %. (F não significativo até 8,29% de probabilidade).

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	1,09	1,06	1,08
20	1,10	1,19	1,46
40	1,27	1,12	1,12

C.V. = 27,0 %

Quadro 18 - Efeito da época de amostragem sobre os teores de matéria orgânica no solo em % (F não significativo a 5% de probabilidade).

Épocas (Fase)	% de matéria orgânica do solo
Pré-Experimento	0,85
Berinjela	1,18
Milho Doce	1,15

C.V. = 27%

Em solo textura média com o aumento das doses de 20 t/ha a 160 t/ha, Moraes & Selbsok, (1991) obtiveram respostas significativas aos incrementos do teor de matéria orgânica do solo a partir de 40 t/ha de composto, que foram crescentes e comprovados pela elevação da população fúngica e bacteriana do solo (Coelho e Silva & Döbereiner, 1979).

Sampaio et al. (1985) avaliando o comportamento da matéria orgânica (esterco curtido X esterco biodigerido) adicionado a solo textura média e arenosa, observaram uma atividade microbiana maior medida pela evolução de CO₂. Este composto empregado teria efeito semelhante ao esterco curtido pelo processo aeróbico realizado no resíduo orgânico antes de estar “pronto”. Os autores ainda mostram maior eficiência do uso de N para o material já previamente biodigerido. Coelho e Silva & Döbereiner (1979) obtiveram elevação da população fúngica meses após o uso de doses de até 20 t/ha de composto de resíduo urbano, enquanto as bactérias só sobressaíram após 2 meses da aplicação de 10 t/ha de composto. Andreoli & Carvalho (1983), não obtiveram variação na cinética de solubilização de fosfato entre testemunha e fosfato natural, sendo que, o lodo elevou a biomassa microbiana mais do que o composto de lixo urbano. Efeitos semelhantes com doses de composto empregadas acumulativamente por ciclo de produção de hortaliças e forrageiras foram obtidos por Murillo et al. (1989 b) que chegaram até 400 t/ha num período máximo de 6 anos. Apesar de não se trabalhar com efeito acumulativo de aplicações sucessivas de composto orgânico, no trabalho em questão houve manutenção dos níveis de matéria orgânica. Nova aplicação de doses semelhantes de composto possivelmente garantiriam níveis melhores de matéria orgânica no solo.

Segundo Hoyt (1977) e Mortensen (1963), recomendações anuais de matéria orgânica se devem a seu efeito temporário principalmente em função de complexação com metais imobilizando-os (Al, Fe) ou mineralizando-os (Mg, K, Na, Ca). O solo do experimento conduzido tende a mineralizar o material orgânico formando compostos com as argilas existentes. No entanto a proporção de material orgânico combinada com material inorgânico seria menor que 50% (Allison, 1973).

Os níveis obtidos de matéria orgânica chegaram a 1,46% em tratamento resultante da combinação de 20 t/ha de matéria orgânica, enquanto na ausência de matéria orgânica a presença de calcário dolomítico, atingem somente 1,06% (Quadro 17). Essa diferença não significativa é bastante representativa quando se imagina o incremento de CTC de um solo devido à matéria orgânica em solo de baixo teor de argila. Mesmo sem a significância estatística, os dados encontrados são representativos no que diz respeito a conservação do solo e recuperação de áreas potencialmente agricultáveis.

4.2 - Parâmetros de Física do Solo

4.2.1 - Condutividade Hidráulica

As amostragens realizadas em fevereiro de 1990 com o coletor de Uhland a 26 cm de profundidade foram levadas para o laboratório a fim de determinar a condutividade hidráulica. Os resultados obtidos em mm/h de água infiltrada e percolada não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de F. Conforme se observa no quadro 19, os valores obtidos não demonstram influência de dose de matéria orgânica, das fontes de Ca e Mg e da adubação NPK, tendendo a redução ou aumento expressivo na velocidade de infiltração.

Para um solo de textura arenosa, a velocidade de infiltração obtida é classificada como moderadamente rápida à rápida (UFRRJ, 1986). Esperava-se obter através de aplicação de doses maiores de matéria orgânica uma redução na velocidade de infiltração de água no solo, entretanto isto não aconteceu após 4 meses da incorporação dos tratamentos usados ao solo (Quadro 19).

A maioria dos trabalhos com física do solo, em que se avalia efeito da incorporação de resíduos orgânicos, realiza-se um acompanhamento por um período bem superior ao utilizado no experimento em questão (Tabosa, et al. 1991, Volk & Ullery 1973 e Webber, 1978). Trabalhos na Índia com aplicações de matéria orgânica durante 13 anos obtiveram aumentos significativos de alterações na infiltração de água no solo cultivado com trigo (Acharya et al., 1988).

Quadro 19 - Efeito dos tratamentos sobre a Condutividade Hidráulica do solo em mm/h. F não significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tratamentos	Condutividade Hidráulica em mm/h
Ausência de NPK	70,0
Presença de NPK	58,1
Ausência da Fonte de Ca e Mg	55,0
Calcário Dolomítico	64,1
Gesso + Sulfato de Magnésio	70,0
0 t/ha de composto	61,3
20 t/ha de composto	66,1
40 t/ha de composto	61,6

C.V. = 44,22 %

4.2.2 - Microporosidade

Em sequência à determinação da condutividade hidráulica, os mesmos cilindros de solo foram conduzidos à mesa de tensão para determinação da macro e microporosidade do solo. Os resultados de microporosidade não foram significativos estatisticamente e não demonstraram, nenhuma tendência de combinação de resultados que alterasse expressivamente a microporosidade (Quadro 20).

Para que se atinja uma proporção adequada entre macro e microporos considerada razoável para o manejo do solo esperava-se $\frac{2}{3}$ da porosidade total ocupada por microporos. Porém em se tratando de solos com gradiente textural, há uma tendência se igualar a porcentagem de macro e microporos (Kiehl, 1979 e Baver, 1972).

No caso do solo estudado, há poucas diferenças entre os valores de macro e microporosidade encontrados, o que deve refletir numa menor capacidade de retenção de água e grande facilidade de drenagem (Kiehl, 1979).

4.2.3 - Macroporosidade

Os resultados das análises das amostras do Planossolo estudado após 4 meses da incorporação dos resíduos demonstram diferenças significativas a nível de 6% de probabilidade entre as doses de matéria orgânica empregados.

Quadro 20 - Efeito dos tratamentos sobre a microporosidade do solo em %. F não significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tratamentos	Microporosidade do solo em %
Ausência de NPK Presença de NPK	18,5 19,8
Ausência de Fonte de Ca e Mg Calcário Dolomítico Gesso + Sulfato de Magnésio	18,8 18,8 19,8
0 t/ha de composto 20 t/ha de composto 40 t/ha de composto	20,1 19,4 19,0
C.V. = 19,51 %	

O uso da dose de 20t/ha de matéria orgânica elevou a macroporosidade de 13,68 para 17,84% em relação a 40t/ha sem diferir da testemunha (Quadro 21). Esta redução da porosidade de aeração com uso de dose mais elevada de matéria orgânica pode se justificar pela adição de colóides orgânicos, que alimentando atividade microbiana, geram produtos cimentantes (polissacarídeos) que facilitam a agregação entre partículas do solo (Tiadall & Dades, 1982). Por outro lado, a dose menor de matéria orgânica pela sua decomposição mais acelerada poderia ter atuado sobre as partículas menores do solo (menor diâmetro) com agentes de cimentação, agregando partículas e com isso, elevando o espaço livre poroso (macroporosidade) em relação à testemunha. Como a análise de macroporosidade não foi realizada após a condução da fase milho doce, não se pode avaliar se os resultados obtidos na fase I seriam mantidos.

A macroporosidade, também conhecida como porosidade de aeração ou porosidade não-capilar estaria diretamente correlacionada com a agregação das partículas do solo (Kiehl, 1979; Baver, 1872). Para o solo arenoso em questão, mesmo com variação significativa porém pouco expressiva, a aplicação de matéria orgânica que reduziu a macroporosidade não implicaria em redução do tamanho e diâmetro dos agregados do solo. Andrioli et al. (1991), em latossolo textura média não obtiveram alteração significativas do sistema poroso do solo ao adicionar composto de resíduo urbano, mesmo alterando o preparo do solo para o sistema soja e milho até a profundidade de 30 cm.

Quadro 21 - Efeito dos tratamentos sobre a macroporosidade do solo em % por peso de espaço poroso. *

Tratamentos	Macroporosidade do solo em %
0 t/ha de composto	15,62 ab
20 t/ha de composto	17,84 a
40 t/ha de composto	13,68 b
Ausência de NPK	16,6
Presença de NPK	14,8
Ausência de Fonte de Ca e M	14,7
Calcário dolomítico	18,5
Gesso + Sulfato de Magnésio	15,9

C.V. = 23,18%

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade de Tukey.

4.2.4 - Equivalente de Umidade

Pela sua facilidade e praticidade de operação a nível de laboratório, a umidade equivalente (ou equivalente de umidade) é usada como um dos métodos de estimar ou avaliar o teor de água do solo. Sua importância também é destacada pela possível correlação com a capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

Com base em trabalhos do I.A.C., citados pela UFRRJ (1986), onde valores de capacidade de campo igual a 1,30 Ueq% e ponto de murcha permanente igual a 0,68 Ueq%, obtidos na região de Campinas-SP, provavelmente não seriam os mesmos para os planossolos da região de Itaguaí-RJ.

As análises foram realizadas em 2 épocas de amostragem: durante o ciclo da berinjela e após a colheita do milho doce (aos 120 dias a aos 300 dias da incorporação dos insumos, respectivamente). A análise de variância foi elaborada considerando a época de amostragem como mais uma fonte de variação. Foi obtida interação significativa a nível de 5% de probabilidade de F para doses de composto X adubação mineral além doses de composto X fontes de Ca e Mg (Quadro 22a e 22b).

Entretanto, avaliando-se os contrastes de médias pelo teste Tulkey ao nível de 5% de probabilidade, a interação composto X NPK não apresentou diferenças significativas mostrando pequenas variações de 7,24 a 6,45% no equivalente de umidade (Quadro 22a). Quanto à interação composto X fontes de Ca e Mg, o valor de 7,55% de equivalente de umidade com o gesso agrícola em presença de 20t/ha de composto diferiu significativamente daquele com o calcário nas mesmas condições, de 6,04% (Quadro 22c).

Quadro 22 - Resultados das médias dos tratamentos em % de umidade equivalente.

22a - Efeito de interação entre doses de composto de resíduo urbano e níveis de adubação mineral. *

Doses de Composto	Ausência	Presença de Adubação
0 t/ha (testemunha)	7,22 a A	6,60 a A
20 t/ha	6,58 a A	7,13 a A
40 t/ha	7,24 a A	6,45 a A
C.V. = 15,75 %		

22b - Efeito entre fontes de Ca e Mg e doses de composto.

Doses de Composto	Testemunha	Calcário	Gesso
0 (testemunha)	6,84 A a	6,75 A a	7,12 A a
20 t/ha	6,97 AB a	6,04 B a	7,55 A a
40 t/ha	7,08 A a	7,00 A a	6,46 A a
C.V. = 15,75 %			

* As médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente a nível de 6% de significância pelo teste Tukey.

22c - Efeito isolado da época de amostragem. *

Época de amostragem	% de umidade equivalente
Fase Berinjela	7,70 a
Fase Milho Doce	6,04 b
C.V. = 15,75 %	

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Por outro lado, se fosse empregado o teste Duncan obteríamos diferenças significativas não encontradas com Tukey. Estaria se manifestando a tendência de melhores resultados em elevação de umidade para as doses de composto em presença de calcário e/ou gesso como fonte de Ca. Estas variações obtidas, apesar de significativas seriam pouco representativas se considerássemos as alterações no solo que correspondem em melhoria no desenvolvimento das culturas implantadas.

A época de amostragem foi bem mais marcante para o equivalente de umidade, em que houve efeito residual nos teores de umidade do solo da fase berinjela para a fase milho doce (Quadro 22c).

Epstein (1976) trabalhando com lodo de esgoto, e composto de lodo em doses de até 240 t/ha, obteve um padrão diferenciado de retenção de umidade chegando a níveis de 18,6% para o lodo, enquanto o composto atingiu 14,5%, próximo a testemunha com 12,6% de umidade.

Ruiz & Teixeira (1991), trabalhando com esterco bovino, palha de café e vermicomposto observaram efeito acentuado de retenção de umidade nos agregados menores que 2,0 mm.

Não se pode afirmar que a tendência é a queda dos valores (dentro da média de solos arenosos), mas espera-se que dentro dos níveis de adubação orgânica e fontes de Ca e Mg empregadas, não ocorra elevação representativa dos níveis de umidade equivalente do solo. Doses mais elevadas e/ou maior frequência na aplicação do material orgânico, seriam necessárias para elevação de umidade do solo nas condições propostas.

4.3 - Parâmetros de Produção das Espécies Hortalças Cultivadas em Sucessão

4.3.1 - Fase Berinjela

Os parâmetros de produção da berinjela híbrida F-100 foram avaliados durante 3 meses de colheita de frutos (12/01 a 09/04/90). Os resultados de produção obtidos revelam superioridade para os tratamentos que receberam doses de matéria orgânica quase sempre associados as fontes de Ca e Mg, com ligeira superioridade para o calcário. Também a presença isolada de fonte de Ca e Mg é capaz de gerar incrementos de produção (Quadros 22 a 24). Tal fato é atribuído a exigência nutricional da berinjela em Ca e Mg. (Oliveira e al., 1971, Haag & Homa, 1968).

Os resultados obtidos demonstram uma superioridade nas combinações que empregam calcário quando comparado com o gesso. O efeito do sulfato como íon acompanhante aliado à percolação do sal de cálcio, reflete numa menor absorção pelas plantas (Van Raij, 1988, Bohn, 1985). Quando os níveis de matéria orgânica se elevam para 40 t/ha, poderá ocorrer uma maior fixação dos sais empregados como nutrientes aos colóides orgânicos. A percolação se reduz, viabilizando a absorção de nutrientes pelas raízes, e a adsorção pelos colóides facilitando a nutrição das plantas. Em solos com baixa CTC, como é o caso estudado, a flxação dos elementos nutrientes nas formas iônicas é mais fraca.

Na utilização isolada do NPK sem matéria orgânica, o resultado em produtividade é pouco expressivo. Estaria ocorrendo lixiviação dos cátions e ânions (K^+ e NO_3^-) não fixados pela ausência de cargas no solo arenoso em questão (Santos e Velloso, inf. Pessoais, 1982).

Murillo et al. (1989 a) trabalhando com berinjela e outras culturas também observaram elevação na produção com aplicação de doses de composto até 400 t/ha no total de 6 anos em experimentos de casa de vegetação. O composto de lixo urbano vem sendo estudado em áreas de produção de abacaxi no Estado do Rio de Janeiro com resultados expressivos que recomendam o composto como fonte de adubação orgânica. Assim é que Gadeiha et al., (1988) obtiveram elevação no peso dos frutos de abacaxi, com uso de 350 Kg de lixo urbano/m linear de sulco em 30,6% em relação à testemunha e 7,4% em relação ao diâmetro de fruto em solo arenoso de Araruama - RJ.

Horino et al. (1980), empregando doses de 15 t/ha de composto e 15 t/ha de esterco de curral em solo de cerrado cultivado com pimentão, observaram respostas da produção aos níveis de matéria orgânica isolada e associada ao calcário e ausência de resposta entre os níveis de adubação química.

Fernandes et al. (1980) avaliando sistemas de produção de batata-doce e feijão-vigna no Médio São Francisco concluíram que a produtividade se elevava de forma vantajosa economicamente e era mais rentável quando se empregava só adubação orgânica. Já, o trabalho de El-Hilo & El-Mua (1980), cultivando pepino no Sudão, obteve respostas de produção quando usava-se a combinação da adubação mineral nitrogenada com esterco orgânicos.

Salek et al. (1988) observaram que a associação da adubação orgânica com a mineral se igualava ao efeito isolado do esterco de galinha no tomateiro. O uso de esterco de galinha proporcionou incrementos de até 79% de produtividade associado ou não ao calcário em áreas olerícolas do Espírito Santo (Prezotti et al., 1999). Os resultados obtidos confirmam algumas tendências observadas no trabalho em discussão.

Trabalhando com produção de mudas de alface e tomate, Falehi-Ardakani et al. (1988) observaram que o substrato a base de composto de lodo, vermiculita e “perlite” não apresentou problemas de toxidez por N, P, K Ca, Mg, Mn, Fe e CU, além dos níveis de Zn, Cd, Pb e Ni estarem dentro dos padrões não tóxicos.

O sucesso da mistura para substrato foi tentado por Backes & Kämpf (1991) que obtiveram alto teor de sólidos solúveis no composto de resíduo sólido urbano inviabilizando o seu uso isolado como substrato de mudas. Escosteguy et al. (1991) em composto de lixo urbano de Porto Alegre, não encontraram contaminação com enteropatogênicos, mas presenciaram coliformes totais, mesmo que abaixo dos limites nas dosagens de 40 a 120 t/ha.

Os trabalhos citados até então, justificam os bons resultados obtidos com o material orgânico e as fontes de Ca e Mg no experimento em questão.

4.3.2 - Produção Total Acumulada

A produção total de frutos em t/ha mostrou ser influenciada pelas fontes de Ca e Mg isoladamente e em combinação com os níveis de composto de lixo urbano usados. A produção total de frutos de berinjela de 33,73 t/ha obtida com o uso do calcário foi superior àquela do gesso de 23,72 t/ha, porém semelhante à de testemunha com 28,25 t/ha (Quadro 23). Tal fato é comprovado através da interação da qual tanto a testemunha como o calcário quando na ausência e/ou presença de 20 t/ha de composto atingiram produções totais de frutos acumuladas superiores às obtidas na presença de gesso (Quadro 23a).

O melhor desempenho do calcário frente ao gesso é explicado possivelmente pelo efeito de pH, que não ocorreu no gesso, apesar deste quando em presença de doses mais elevadas de matéria orgânica (40 t/ha) ter dado boa produção devido a redução de um possível efeito salino dos cátions bivalentes, atenuado pela matéria orgânica adicionada ao solo com poder tampão reduzido (Van Raij, 1988). O efeito do gesso em profundidade, associado a baixa saturação de argila, faz com que o efeito sobre as cargas do solo seja diluído. Além disso, os baixos teores iniciais de matéria orgânica, aliados a baixa CTC do solo, não proporcionaram ao gesso o mesmo efeito que o calcário. A nutrição mineral das plantas fica dificultada nestas condições. Mesmo existentes, são insignificantes as alterações na saturação de alumínio e acidez potencial a pH 7,0 com a aplicação de gesso nas condições estudadas.

Quadro 23 - Efeito da fonte de Ca e Mg na produção total acumulada de frutos de berinjela em t/ha. Soma-tória de 13 colheitas. *

Fonte de Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	Peso de frutos em ton/ha
0	28,25 a b
Calcário dolomítico	33,73 a
Gesso e Sulfato de Magnésio	23,72 b

C.V. = 28,71 %

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a nível de 6% de significância pelo Teste Tukey.

Quadro 23a - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a produção total acumulada e frutos de berinjela em t/ha. Somatória de 13 colheitas. *

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário Dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	33,77 A a	29,92 AB a	22,10 Ba
20	26,78 AB a	36,34 A a	19,16 Ba
40	24,18 B a	34,93 A a	29,89 A a

C.V. = 26,71 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Porém, o emprego do gesso em presença de 40 t/ha de matéria orgânica proporciona resultados satisfatórios de produção de frutos de berinjela.

Uma explicação seria a elevação da CTC pela matéria orgânica, criando sítios de troca para Ca e Mg evitando possível lixiviação dos mesmos em solo arenoso (Stevenson, 1985; Bohn, 1995).

Os teores de nutrientes, nível de pH e matéria orgânica em relação à testemunha, demonstraram condições favoráveis a nível de solo para que tenham sido obtidos valores expressivos de produção de frutos de berinjela. A produtividade alcançada em 3 meses de colheita (o ciclo normal chegaria a 5 meses) superou a média regional de 21 t/ha (IBGE, 1989) e a média do híbrido "F-100" obtido por Camargo (1994) de 30 t/ha.

4.3.3 - Peso Médio de Frutos

O parâmetro peso médio de frutos foi avaliado durante 12 colheitas. A importância da determinação seria obtenção por peso de aceitação comercial (>180g segundo informações de mercado - CEASA-RJ, 1990). Os frutos do híbrido F-100 de berinjela chegam a obter médias de 230 g por fruto (Camargo, 1984).

A média dos resultados obtidos nas 12 colheitas passou por uma análise de variância indicando diferenças significativas em fontes de Ca e Mg, efeito de interação entre doses de composto e fontes de Ca e Mg; interação entre doses de composto e níveis de adubação NPK a, por fim uma interação de 3ª ordem entre as 3 fontes de variação (Quadros 24, 24a, 24b e 24c).

Avaliando as diferenças significativas obtidas na interação de 3ª ordem (Duncan a 5%) constatou-se que na presença de calcário e sem adubação NPK, o uso de 40 t/ha de composto promoveu maior peso médio de fruto em relação à testemunha na presença e ausência de NPK, porém sem diferir estatisticamente 20 t/ha em presença de adubação NPK (Quadro 24c). Entretanto, o uso de 40 t/ha de composto/ha, tanto na ausência como presença de gesso, só demonstrou maior peso médio de frutos em relação a 20 t/ha de composto em presença de NPK.

Avaliando o efeito isolado da fonte de Ca e Mg, o calcário foi superior ao gesso na produção de frutos com maior peso médio (5% de probabilidade a Tukey) sem diferir para a testemunha. Obteve-se peso médio de 152,3g para o calcário e 172,4g para o gesso (Quadro 24).

De um modo geral, os resultados de peso médio de frutos apresentaram melhores resultados com a elevação de pH e fornecimento de Ca a Mg. As doses de composto associadas ao calcário obtiveram os melhores resultados. Isto pode ser observado (Quadro 24 c), quando o uso das doses de 20 e 40 t/ha de composto combinada com calcário, respectivamente na presença e ausência de NPK proporcionaram os maiores pesos médios de frutos em relação aos demais tratamentos.

Quadro 24 - Efeito da fonte de Ca e Mg sobre o peso médio de frutos de berinjela em g. Média de 12 colheitas. *

Fonte de Cálcio e Magnésio		Peso de frutos em g.
Calcário Dolomítico		182,3 a
Testemunha		178,5 a b
Gesso + Sulfato de Magnésio		172,4 b
C.V. = 9,85 %		

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey

Quadro 24a - Efeito de interação entre adubação mineral e doses de composto em t/ha sobre o peso médio de frutos de berinjela em g. Média de 12 colheitas. *

Composto	Adubação NPK	
	Ausência	Presença
0	174,4 A b	179,7 A a
20	180,5 A ab	173,8 A a
40	184,6 A a	173,6 B a
C.V. = 9,85 %		

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Quadro 24b - Efeito de interação entre doses de, composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o peso médio de frutos de berinjela em g. Média de 12 colheitas. *

Composto em t/ha	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	187,0 A a	175,4 B b	168,8 B b
20	174,1 B b	188,5 A a	188,6 B b
40	174,6 A b	183,0 A ab	179,8 A a

C.V. = 9,85 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha, minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância de Tukey.

Quadro 24c - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha, adubação mineral e fontes de Ca e Mg sobre peso médio de frutos de berinjela em g. Média de 12 colheltas. *

ADUBAÇÃO NPK						
DOSES DE COMPOSTO EM t/ha	Ausência NPK			Presença NPK		
	0	20	40	0	20	40
FONTES Ca+Mg						
0	182,8 A a	182,9 A a	181,5 B a	191,2 A a	165,2 B b	167,4 A b
Calc. Dol.	173,7 AB c	185,1 A abc	195,7 A a	177,1 B bc	191,8 A ab	172,3 A c
Gesso + Sulf. Mg	166,7 B ab	173,4 A ab	178,7 B a	170,8 B ab	163,8 B b	181,0 A a

C.V. = 9,85 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna linha) não diferem estatisticamente a nível de 5% de significância pelo Teste Duncan.

O peso médio dos frutos atingiu valores baixos, explicados pelas altas temperaturas com má distribuição de chuvas durante a formação do fruto sem reposição adequada de água, o que muito prejudicou a absorção de água pela planta e sua translocação ao principal órgão de acúmulo que seria o fruto (Gráfico 1).

4.3.4 - Produção Média por Planta em g

Constituindo-se outro parâmetro avaliado, indica capacidade produtiva da cultura nas condições experimentais. Apesar de resultados indiretos, confirmam tendências já observadas nos parâmetros discutidos.

Os dados obtidos indicam o efeito isolado do fonte de Ca e Mg com maiores valores de produção média por planta para o calcário dolomítico e gesso com valores mais baixos no contraste de médias a 5% pela teste Duncan (Quadro 25). Foram encontradas interações das fontes de Ca e Mg com as doses de composto e com os níveis de adubação NPK separadamente. A interação composto X fontes de Ca e Mg demonstra na ausência de composto, melhores resultados de produção média por planta sem a fonte de Ca e Mg. (Quadro 25 a).

Quadro 25 - Efeito da fonte de Ca e Mg sobre a produção média por planta em g. Média de 13 colheitas. *

Fontes de Ca e Mg	Peso / Planta em g
Calcário Dolomítico	113,0 a
0	94,4 b
Gesso Agrícola + Sulfato de Magnésio	82,5 c

C.V. = 30,29 %

* As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pela Teste Duncan.

Quadro 25a - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a produção média por planta em g. Média de 13 colheitas. *

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário Dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	116,0 A a	99,3 B b	78,3 C b
20	87,8 B b	123,2 A a	68,7 C b
40	79,0 C b	116,5 A a	100,6 B a

C.V. = 30.29 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Duncan.

Quadro 25b - Efeito de interação entre fontes de Ca e Mg e adubação mineral sobre a produção média por planta em g. Média de 13 colheitas. *

Fontes de Ca e Mg	Ausência de NPK	Presença de NPK
0	88,7 A a	100,0 A a
Calcário Dolomítico	108,8 A b	117,2 A b
Gesso + Sulfato Mg	92,3 A b	72,8 B c

C.V. = 30,29 %

Quadro 25c - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha sobre a produção média por planta em g. Média de 13 colheitas. *

Composto	Ausência de NPK	Presença de NPK
0	90,0 B b	106,0 A a
20	96,1 Aab	90,4 A b
40	104,0 A a	93,7 A ab

C.V. = 30,29 %

* As médias seguidas de mesma letra (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem estatisticamente entre si a nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Nas doses de 20 e 40 t/ha de composto, a combinação com o calcário obteve os melhores resultados de produção média por planta, A interação com a adubação NPK indica melhor resultado de produção média por planta para o calcário tanto na ausência quanto na presença de adubação. As médias, dos tratamentos também acusaram interação entre fontes de Ca e Mg e níveis de adubação NPK (Quadro 25 b).

Os resultados de produção média por planta sugerem uma correlação negativa, pois os melhores índices surgem na ausência de adubação na dose maior de composto ou na ausência do composto com a presença da adubação NPK (Quadro 25 c).

4.3.5 - Tendências nos Parâmetros Avaliados na Fase Milho Doce

A análise de variância dos resultados obtidos e transformados a 5% de probabilidade de F não encontrou significância para a maioria dos valores dentro das 3 fontes de variação isoladas ou sob interação.

O resultado indica não ocorrência do efeito residual dos tratamentos empregados ao início do experimento (fase berinjela). A ausência de diferenças significativas, no entanto não exclui a constatação de tendências obtidas para determinadas combinações de tratamentos.

Mesmo sem diferenças estatisticamente significativas, os valores de produção indicam incrementos de produtividade relevantes.

Chega-se a obter 4468 kg/ha de espigas com palha, quando se empregou a dose de 40 t/ha de matéria orgânica em combinação com o gesso agrícola e 4103 Kg/ha com 20 t/ha de composto associado ao calcário dolomítico (Quadro 26). Tratamentos sem uso de matéria orgânica e em presença somente do gesso agrícola, obtiveram produtividades de 2616 kg/ha, e o uso de 20 t/ha de matéria orgânica na ausência de fontes de Ca e Mg chega a 2608 Kg/ha (Quadro 26).

Os resultados em número de espigas/ha demonstraram diferenças significativas entre tratamentos. O composto na dose de 20t/ha combinado como calcário dolomítico produziu 42.036 espigas/ha diferindo significativamente para os demais tratamentos. Destaca-se a ausência de efeito da dose de 40t/ha de composto sem a fonte de Ca e Mg obtendo apenas 23.215 espigas/ha (Quadro 27).

O número de espigas por planta variou de 0,791 para tratamento que usou somente o gesso + sulfato de magnésio na ausência de matéria orgânica até 1,035 na presença de 40 t/ha de composto com gesso + sulfato de magnésio. Não houve resultado significativo pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade de F. Apenas se mantiveram as tendências observadas nos demais parâmetros (Quadro 28).

O peso médio de espigas sem palha obtido na média dos tratamentos chegou a 83 g na ausência do composto e presença do gesso + sulfato de magnésio. O maior peso médio foi de 121 g para a dose de 40 t/ha de composto em presença de gesso + sulfato de magnésio. Os valores de peso médio foram baixos e as variações também não puderam ser consideradas expressivas, quando se avaliou um peso médio comercial adotado acima de 115 g sem palha (Quadro 29).

Quadro 26 - Efeito das doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre a produção total de espigas em Kg/ha. Colheita realizada a 25/08/90. (F não significativo até o nível de 27% de probabilidade).

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	3614	3523	2616
20	2609	4103	3286
40	2926	3692	4468

C.V. = 45,06%

Quadro 27 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o número de espigas com palha/ha. *

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	34226 A a	30805 B c	31250 B b
20	32738 B a	42036 A a	29465 B b
40	23215 B b	34504 A b	36310 A a

C.V. = 27,40 %

* As médias seguidas de mesma letra maiúscula entre linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Quadro 28 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o número de espigas (com palha) por planta (F não significativo a nível de 5% de probabilidade).

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso de + Sulfato de Magnésio
0	0,824	0,808	0,781
20	0,877	1,025	0,802
40	0,810	1,011	1,035
C.V. = 26,96 %			

Quadro 28 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o peso médio de espigas sem palha em g. (F não significativo a nível de 5% de probabilidade).

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário dolomítico	Gesso de + Sulfato de Magnésio
0	0,103	0,112	0,083
20	0,073	0,100	0,081
40	0,080	0,103	0,121
C.V. = 36,24 %			

Os rendimentos de matéria verde chegaram a valores desde 8095 kg/ha na presença de 40 t/ha de composto e gesso + sulfato de magnésio, chegando até o resultado de 5045 Kg/ha na presença da dose de 20 t/ha de composto isoladamente.

Os resultados obtidos conferem um potencial de aproveitamento para alimentação animal. Apesar de não haver significância estatística nos resultados, as diferenças entre os valores de peso de matéria verde é expressiva, demonstrando tendência de melhores resultados quando combinam-se as doses de matéria orgânica com fontes de Ca e Mg (Quadro 30).

O índice de palha traduz o acúmulo de matéria verde na espiga em detrimento da formação do grão. Quanto maior o índice, menor o acúmulo de palha. Houve interação significativa entre os níveis de composto e as fontes de Ca e Mg para o índice de palha. No entanto, o contraste de médias pelo teste Tukey não foi significativo. A testemunha foi o tratamento que menos acumulou palha, enquanto o uso do gesso + sulfato de magnésio em presença de 20 t/ha de composto foi o menor índice de palha sem diferir estatisticamente para o anterior (Quadro 31).

A % de espigas comerciais é um parâmetro que surgiu de uma transformação dos valores de peso médio de espiga e número de espigas. Tomou-se do total de espigas por parcelas, aquelas que despalhadas pesassem acima de 115g. A conotação de espigas comerciais é aleatória, havendo padrões fixos, mas uma tendência de melhor aceitação para o mercado de milho verde, de espigas de peso superior ao estipulado e tamanho proporcional. Não houve resultados significativos estatisticamente.

Quadro 30 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre matéria verde em Kg/ha. Colheita a 02/09/90.

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário Dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	6319	5609	5159
20	5045	6919	6012
40	5506	6339	8095

C.V. = 27,34 %

* As médias não apresentaram significância entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Quadro 31 - Efeito de interação entre doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre o índice de palha. Colheita a 25/08/90. *

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário Dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	0,579	0,539	0,381
20	0,574	0,567	0,370
40	0,374	0,530	0,548

* As médias não apresentaram significância entre si a nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

As diferenças nos percentuais obtidos variaram de 38,6 % de espigas comerciais para a combinação de 40 t/ha de composto associado ao gesso agrícola, até 21,7 % para o uso de 20t/ha de composto combinado com gesso + sulfato de magnésio (Quadro 32).

Resultados de melhores produtividades de milho semelhantes aos obtidos neste trabalho são citados por Vitosh (1973) e Mugwira (1976), sendo o primeiro trabalhado por um longo prazo com material orgânico e o outro com doses bem mais elevadas do que o experimento em questão (até 260 t/ha). Guerra & Almeida (1983), trabalhando com o composto da Comlurb, também conseguiram bons resultados na associação das doses de composto com o calcário. Moraes & Selback (1991) obtiveram resultados significativos com doses de 80 t/ha, sendo que com 40 t/ha a produção de grãos já era significativamente superior. Andrioli et al. (1991) não obtiveram resultados significativos ao trabalharem com o preparo do solo e o composto de resíduo urbano para produção de milho e outros grãos no norte paulista. Lira et al. (1978), trabalhando com doses de esterco bovino e de aves variando de 5 a 20 t/ha obtiveram incrementos significativos na produção de milho e sorgo no trópico semi-árido. Resultados semelhantes foram obtidos por Ernani & Gianello (1983), trabalhando com doses de esterco de aves com milho cultivado em casa de vegetação.

Quadro 32 - Efeito de interação entre as doses de composto em t/ha e fontes de Ca e Mg sobre % de espigas comerciais. Colheita a 25/08/80. (F não significativo a nível de 5% de probabilidade).

Composto	Fontes de Ca e Mg		
	0	Calcário Dolomítico	Gesso + Sulfato de Magnésio
0	24,1	37,0	23,8
20	28,5	28,8	21,7
40	23,6	30,4	38,6

C.V. = 55,34 %

5. CONCLUSÕES

5.1 - A Nível de Fertilidade do Solo e Matéria Orgânica

Não se observou efeito corretivo do composto sobre acidez de Al, devido a seus baixos teores no solo trabalhado.

Elevaram-se inicialmente os teores de Ca, Mg, K, Na. Os mesmos sofreram redução após o final do experimento.

A acidez potencial sofreu expressiva redução em magnitude, persistindo até o final do experimento.

O nível de fósforo se elevou expressivamente, embora não se possa afirmar que sejam altos os teores encontrados em função da metodologia de determinação e tipo de solo trabalhado.

Foi pouco representativa a elevação no teor de matéria orgânica, embora sua manutenção num determinado patamar após a condução do experimento juntamente com os teores de fósforo assimilável e o pH, são encarados como resultados positivos no sentido de efeito residual do material orgânico empregado nas combinações propostas.

6.2 - A Nível de Física do Solo

Não foram observadas quaisquer alteração significativas ou tendências representativas em relação aos tratamentos conduzidos quando se valiou microporosidade do solo e condutividade hidráulica.

Os resultados obtidos com a macroporosidade não podem ser considerados expressivos no contexto global da estruturação do solo.

As alterações quanto ao equivalente de umidade indicam melhoria na retenção de água quando se associa o composto às fontes de Ca e Mg. Os níveis obtidos estão ainda bastante baixos em termos de alterações na capacidade de campo de um solo.

5.3 - A Nível dos Parâmetros Produtivos do Hortaliças Cultivadas

Os resultados de todos os parâmetros produtivos da cultura de berinjela foram mais expressivos, quando se tratou da interação composto X fontes de Ca e Mg em relação às demais fontes de variação.

O milho doce apresentou resultados expressivos mas, sem contrastes de médias estatisticamente significativas com exceção do número de espigas/ha.

Os melhores resultados com a cultura de milho doce também foram obtidos com as interações entre doses de composto e fontes de Ca e Mg, com ligeira superioridade para o gesso.

Não houve efeito residual conforme demonstra a ausência de diferença estatística para os demais tratamentos, como ocorreu na fase berinjela.

Os dois experimentos produziram acima da média regional e estadual, sendo o milho doce comparado a produtividade do milho comum.

6.4 - Geral

Os resultados demonstram a possibilidade de uso agrícola de solos desgastados e pobres em matéria orgânica devido ao cultivo sucessivo de hortaliças.

O estudo apresentado demonstrou que o incremento de produtividade das culturas experimentadas não está longe de ser viável tecnicamente pela agricultura local.

6 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ACHARYA, C.L.; BISHNOI, S.K. & YAOUVANSI, H.S.** Effect of long-term application of fertilizers and inorganic amendments under continuous cropping on soil physioal and chemical properties in alfisol. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 68 (7): 609-518, 1968.
- ALEXANDER, M.** Introduction to Soil Microbiology, New York, John Willey & Sons, Inc. 1966, 487p.
- ALLISON, F.E.** Soil Organic Matter and its Role in Crop Production, Elsevier Comp. Inc., 1973, Amsterdam, 837 p.
- AMORIM, V.P. & AGUIAR,, M.I.O.** As características físicas e químicas do lixo do Distrito Federal. *Limpeza Pública.* ano VI, 15:10-17, 1979.
- ANDREOLI, G.V. & CARVALHO, F.J.P.C** Efeito "In Vitro" do lodo na população microbiana do solo e solubilização de fosfatos. In: XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, SBCS Programa e Resumos. P. 78 Curitiba, 1363.
- ANDRIOLI, I., SACCHI, E.; NISHIDA, L.T. & CENTURION, J.F.** Efeito de modalidades de preparo e da aplicação de um composto orgânico nas propriedades físicas de um latossolo vermelho-escuro textura média e nos culturas da soja e do milho. In: XXIII CBCS Pg. 143, Porto Alegre, 1991.
- AYRES, R.V.** An incentive framework to facilitate solid waste management and control. *Compost. Sci.* 11 (2) : 4-7, 1970.
- BACKES, M. A. & KÄMPF, A. N.** Propriedades físicas e químicas de substratos hortícolas a base de composto de lixo urbano. In: Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo pg. 308, Porto Alegre, 1991.
- BANSE, H.J.** Beinflussung der physikaliohen bodeneigenshaften duroh kompost gaben. *Informationsblitt der I.A.M.* nr. 13, 1961.
- BAVER, L.D.** Soil Physics. 4th Ed. John Willey & Sons Inc. New York, 1972.

- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L. & O'CONNOR, G.A. soil Chemistry. John Wiley and Sons Inc. 2nd edition, 1985, 341 p.
- BOOAGAARD, O.K.; JORGENSEN, S.S.; MOBERG, J.P. & RABENLANGE, B. Influence of organic matter in phosphate adsorption by aluminium and iron oxides on sandy soils. J. Soil. Sci. (41): 443 - 449, 1990.
- BOSSE, I. Erosions bekämpfung durch müllkcompost. Garten und Landschaft B, 1969.
- BRAUN, R. Effect of compost on plant and soil. In: Eighth International Congress of Public Cleansing, Viena, 1964.
- BUSINELLI, M.; GIGLIOTTI, G. & GIUSQUIANI, P.L. Applicazione del compost do RSU in agricultura I: Effetto sulla produttivita del mais destino dei nutrienti e dei metalli pesanti nel vegetali. Agrochimica 36 (5-6) : 454 - 466, 1990.
- CABRERA, F.; MURILLO, J.M.; LOPEZ, R. & HERNANDEZ, J.M., Fate of phosphorus added with urban compost to a calcareous soil. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia, Sevilla - Spain, Apartado 1052, 1990.
- CABRERA, F. & TALIBUDDEN, O. Effect of soil pH and organic matter on labile aluminium in soils under permanent grass. Journal of Soil Science 28 (2) : 259 - 265, 1977.
- CAMARGO, L. de S. As Hortaliças e seu Cultivo. Fundação Cargill. Campinas, 1984, 2ª ed.
- GATANHEDE, A.L.G. Estudo do Composto produzido nas Usinas de Bangu e Irajá. In: 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, 1977.
- CHATTOPADHYAY, N.; GUPTA, M. D. & GUPTA, S.K. Effect of Calcutta city waste compost on rice yield, IRRN 11 (6) : 30-31, Filipinas, 1986.
- CIPRIANI, A. A composting for the organic fraction of municipal solid waste. Conservation & Recycling (3) : 337 - 342, 1980.

COELHO E SILVA, W. & DÖBEREINER, J. Decomposição do adubo de lixo industrializado, seu efeito nas propriedades microbiológicas, químicas e sobre o desenvolvimento do feijoeiro em solos de cerrado. In: Anais XIX Congr. Bras. Oleric. - SOB Florianópolis : 274 - 276, 1979.

COLLIER, L.S.; SANTOS, G. de A.; PESSANHA, G.G. & PEREIRA A.L. Avaliação de uso de composto de lixo urbano, adubação NPK, calcário e gesso agrícola na cultura de berinjela cultivada em planossolo no município de Itaguaí - RJ. In: IIº Encontro Fluminense de Olericultura. Resumos p.19 - Itaguaí, 1990.

COSTA, L.M. & SANS, L.M.A. Efeitos da aplicação de biofertilizante em algumas propriedades químicas de um LE álico fase cerrado. In: Anais do XXIII CBCS - SBCS, Porto Alegre, 1991.

DE-POLLI, H. (Coordenador) Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro, UFRRJ. Série Ciências Agrárias 2, 1988, 179p.

DUGGAN, J.C. Utilization of municipal refuse compost. Compost Sci. 14 (2) : 24 - 25, 1973.

EL-HILO, H.A. & EL-MUS, A.K. Effect of fertilizer on yield of beladi cucumber. in: Miscellaneous Horticultural Research Reports, Agric. Res. Corp., Sudão, 1980.

EMBRAPA - Manual de Métodos de Análise de Solo. SNLCS-EMBRAPA. Rio de Janeiro, 1979,

EPSTEIN, E. Effect of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. J. Environ. Qual. 5: 422 - 426, 1976.

EPSTEIN, E. Effect of sewage sludge on some soil physical properties J. Environ. Qual. 4 (1) : 139 - 142, 1975.

ERNANI, P.R. & GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. Rev. Bras. Ci. Solo 6 : 119 - 124, 1982.

ERNANI, P.R. & GIANELLO, C. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos em casa de vegetação Rev. Bras. Ci. Solo, 7 (3) 285 - 290, 1983.

- ESCOSTEGUY, P. A. V.; PARSCHE, C.P.A & SELEACH, P.A. Ocorrência de enteropatogênicos em composto de lixo e em solo e planta adubados com este material. in: XXIIIº Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, pg. 88, Porto Alegre 1991.
- FALEHI - ARDAKANI, A.; BOWKAMP, J.C.; GOUIN, F.R. & CHANEY, R.L. Growth response and mineral uptake of lettuce and tomato transplants grown in media amended with composted sewage sludge. J. Environ Hort. 6 (4); 130 - 132, 1988.
- FERNANDES, J.B., OLIVEIRA, J.F. & HOLANDA, J.S. - Sistemas de cultivo para feijão-vigna e batata-doce em vazantes de leitos de rios, EMBRAPA, Comunicado Técnico nº 3 fev. 1 - 4, 1980.
- FERNANDÉZ, J.E.; MORENO F.; HERNANDÉZ, J.M. & MURILLO, J.M. Influencia del aporte continuado de residuos sólidos urbanos sobre propiedades físicas del suelo. In: VII Congreso Nacional de Química, Sevilla, España, 1987.
- FOX, R.L. & KAMPRATH, E.J. Adsorption and leaching of P in acid organic soils and high organic matter Sand. Soil. sci. soc. Amer, Proc. (35) : 154 - 156, 1971.
- GADELHA, R.S. de S.; VIEIRA, A.; GOES, A. de; LIBECK, L.T & COSTA R.A. Utilização de lixo fermentado na cultura do abacaxi. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 23 (5) : 477 - 479, 1988.
- GIANELLO, C. & ERNANI, P.R. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. Rev. Bras. Ci., 7 (2) : 161-165, 1983.
- GIORDANO, P.M.; MORTVEDT, J.J. & MAYS, D.A. Effect of municipal wastes on crop yields and uptake of heavy metais. J. Environ. Qual. 4 : 394-399, 1975.
- GOMES, F.P. A Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária. POTAFOS. Piracicaba, 160p. 1984.
- GONZALEZ-VILA, F.J.; SAIZ-JIMENEZ, C. & MARTIN, F. Identification of free organic chemicals found in: composted minicipal refuse. J. Environ. Qual. (11) : 251 - 264, 1982.
- GUERRA, J.G.M., ALMEIDA, D.L. de. Efeito de níveis de composto de resíduo urbano e calcário na correção de acidez do solo. In: XIX Congresso Bras. Ci. Solo., SBSCS, Programa e Resumos. p. 78 Curitiba, 1983.

- HAAG, H.P L HOMA, P. Nutrição Mineral de Hortaliças IV Absorção de Nutrientes pela cultura de berinjela. Anais da ESALO XXV. 149 - 159, 1968.
- HARADA, Y. & INOKO, A. Relationship between cation - exchange capacity and degree of maturity of city refuse composts. Soil sci, Plant Nutr. 26 (3) : 363 - 362, 1980.
- HENNES, A.C.R. Informações sobre a produção diária de composto em usinas de lixo do Estado do RJ, dados ã publicados, FEEMA - Rio de Janeiro, 1991.
- HORINO, Y.; PINTO, C.M.F; MAKISHIMA, N. & CORDEIRO, C.M.T. Efeitos da calagem matéria orgânica e adubação química na produção de pimentão, *Capsicum annum* L. In: Anais XX Congr. Brasileiro de Olericultura. Brasília - DF, EMBRAPA/UEPAE, 1980.
- HOYT, P.B. & TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminium, exchangeable NH₄ and crop yields. Soil Science (119) : 227 - 237, 1875.
- HOYT, P. B. Effects of organic matter content on exchangeable aluminium an pH dependent acidity of very acid soils. Can. J. Soil Sci. (57) : 221 - 222, 1977.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do Município de Itaguaí-RJ, 1989.
- IPLAN RIO. Especificações para o Composto orgânico. Características físicas e químicas do composto orgânico de resíduo urbano produzido pela COMLURB. Reunião Multidisciplinar no Instituto de Planejamento Municipal IPLAN RIO, Rio de Janeiro - Out. 1991.
- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia. Relações solo-planta. São Paulo, Editora Agronômica Ceres , 1979, 264p.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes Orgânicos. São Paulo, Editora agro-nômica Cerres, 1985, 492p.
- KIEHL, E.J. & PORTA, A. Análises de Lixo e Composto. Dptº Solos ESALQ - Piracicaba - USP, mimeografado, 55p, 1980.
- KNUTH, D.T. Nitrogen-cycle ecology of solid waste composting. Compost Sci. 11 (4) : 8-10. 1970.

KROGMANN, V. Separate collection and composting of putrescible municipal solid waste (MSN) in W. Germany. ISWA Proceedings, vol. 1, 1988.

KUAIHARA, K. Urban and industrial wastes as fertilizer materials. In: Organic Matter and Rice. IRRI. Los Baños, Filipinas, 1984.

LIRA, M.A; FERNANDEZ, A.P.M., FARIAS, I.; SANTANA, O.P. & MORENO, J.A. Efeito de esterco bovino e cama de galinheiro na produção de milho e sorgo. In: Trópico Semi-árido - Resumos Informativos, vol. 2. EMBRAPA, 330 p. 1978.

LOCKRETZ, W.; SHEARER, G; KOHL, D.H. & KLEPPER, R.W. Comparison of organic and conventional farming in the corn belt. In: Organic Farming. Current Technology and its Role In a Sustainable Agriculture, A.S.A/CCSA - EUA, 1984.

MANTELL, C.L. Solid Waste Origin, collection, processing and disposal. New York, Wiley & Sons Ed., 1975. 1127p.

MAYS, D.A., TERMAN, G.L. & DUGGAN, J.C. Municipal compost: effects on crop yields and soil properties. J. Environ. Qual. 2 : 89 - 92, 1973.

MAZUR, N.; SANTOS, G. de A. & VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. Rev. Bras. Ci. Solo. (7) : 153 - 156, 1983 a.

MAZUR, N.; SANTOS, G. de A. & VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. Rev. Bras. Ci. Solo (7) : 157 - 159, 1983 b.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of Plant Nutrition. Elern/Switzerland, International Potash Institute, 1978, 593 p.

MONTEIRO, J.H.P. O composto orgânico no combate a erosão pluvial. Centro de Pesquisas Aplicadas da COMLURB Rio de Janeiro, 1981.

MORTENSEN, J.L. Complexing of metals by soil organic matter, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27 : 179 - 86, 1963.

MORAES, S.P. & SELBACK, P.S.A. Utilização do composto de lixo urbano em solo agrícola. Anais XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo pg. 87, Porto Alegre, 1991.

- MUGWIRA, L.M. Effect of dairy cattle manure on millet and rye forage and soil properties. J. Environ, Qual. 5(1) : 60 - 85, 1978.
- WURILLO, J.M.; HERNANDEZ, J.M.; BARROSO, M. & TRONCOSO, A. Sucessive applications of composted municipal refuse. I. Effect on selected plant characteristics. Agr. Med. (119) : 226 - 235 (1989a).
- HURILLO, J.M.; HERNANDEZ, J.M.; BARROSO, M. & GÓMEZ, E. Sucessive applications of composted municipal refuse. II. Effect on selected soil characteristics. Agr. Med. (119) 236 - 245. (1989b).
- MURILLO, J.M.; HERNANDEZ, J.M.; BARROSO, M. & LOPEZ, R. Produccion frente a contaminacion en la utilizacion agricola de composts urbanos. An. Edafol. Agrobiol. 48 : 143 - 160; 1991c.
- NICOLAUD, B.A.L, MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alfaae em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo "areia quartzosa hidromórfica". Horticultura Brasileira. 8(2) : 6 - 9, 1990.
- NIMJE, P.M. & SETH, J. Effect of phosphorus and farmyard manure on nutrient uptake by soybean. Indian Journal of Agronomy 33 (2) : 139 - 142, 1988.
- NUERNBERG, N.J.; STAMMEL, J.G. & CABEDA, M.S.U. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica sul rio-grandense. Rev. Bras. Ci. Solo (10) : 186-190, 1986.
- OBRIST, W. Material balance of the composting process. Biocycle 28 (2) : 32 - 33, 1987.
- OLIVEIRA, G.D. de; FERNANDES, P.D; COSTA, M.C.B.; SANTOS M.C.A & HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças XVI. Extração de micronutrientes, por algumas hortaliças. O Solo LVIII (2) : 11 -14, 1971.
- OOSTHOEK, J. & SMIT, J.P.N. Future of composting In the Netherlands. Biocycle 28 (7) : 37 - 39, 1987.

- PARR, J.F. Chemical and biological considerations for and application and municipal wastes. In: Organic Flatter as fertilizers, Swedish Internal onal Development Authority, FAO, Soils Bulletin 27, Rome, 227 - 252, 1975.
- PARSA, A. A. & WALLACE, A. Organic solid wastes from urban environment as iron sources for sorghum. Plant and Soil 53: 455 - 461, 1979.
- PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D.L. & FRANCO, A.A. Adição de fosfatos à compostagem de lixo urbano e disponibilidade de fósforo residual em sorgo forrageiro. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, 24 (5) : 587 - 692, 1989.
- PICCOLO, A. & MBAGWU, J.S.C. Effects of different organic waste amandments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. Plant and Soil 123 : 27 - 37 (1990).
- PREZOTTI, L.C.; BALBINO, J.M.S. & FERREIRA, L.R. Influência do esterco de cama de galinha, superfosfato triplo a calcário na produção e na incidência de produção apical em tomateiro cv. Kada. Horticultura Brasileira 7(2) : 15-17 (1989).
- RITCHIE, G.S.P. & DOLLING, P.G. The role of organic matter in soil acidification. Austr. J. Soil Research. 23 (4) : 569 - 568, 1986.
- RUBBO, J.O. O Composto de lixo domiciliar em Porto Alegre. Limpeza Pública ano V, 13 : 6 - 13, 1978.
- RUIZ, H.A. & TEIXEIRA, C.A. Retenção de água em materiais de solo tratados com dois compostos orgânicos. In : Anais do XXIII Congresso Bras. Ci. Solo Porto Alegre, 1991.
- SALEK, R.C.; ALMEIDA, D.L. & OLIVEIRA. L.C.V. Efeito do esterco de galinha e de sua associação com fertilizantes sobre a produção do tomateiro. In : IIIº Encontro de Hortaliças de Região SOB/IAPAR/EMATER/UFPr. Curitiba, 1986.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I. H.; ALVES, G.D. & COLAÇO, W. Comparação entra estrume biodigerido como fonte de nutrientes para o milho. Rev. Bras. Ci. Solo (9) : 27 - 31, 1985.

SANTOS, J.R. & STAMFORD, N.P. Efeitos da edição de composto de resíduo urbano e níveis de fósforo na forma de fosfogesso no rendimento da Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) e características químicas de um LVA diatrófico In: Anais do XXIIIº Congresso Bras. Ci. Solo pg. 112, Porto Alegre, 1991.

SECRETARIA DE FISCALIZAÇÃO AGROPECUÁRIA. Diário Oficial. Portaria nº 01 de 04/03/83.

SENESE, N. Composted materials as organic fertilizers. The Science of the Total Environment, 81/82 : 521 - 542, 1989.

SHORTALL, J.G. & LIEBHARDT, W.C. Yield and growth of corn as affected by poultry manure. J. Environ. Qual. 5(4):191-194, 1976.

SIMEONI, L. A; BARBARIK, K.A. & SABEK, B.R. Effect of small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. J. Environ. Qual. 13 : 264-268, 1984.

STEVENSON, F.J. Humus Chemistry. Genesis, Composition and Reactions. New York, Wiley, 1982, 443p.

STICKELBERGER, D. Survey of city refuse composting In: Organic matter as fertilizers. Swedish International Development Authority, FAO Soils Bulletin 27 : 185 - 209, Rome, 1975.

TABOSA, J.N.; TAVARES Fº, J.J.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. de & GOMES, R.V. Eficiência sobre o uso de água em sorgo forrageiro. In: Anais do XXIII Congresso Bras. Ci. Solo, Porto Alegre, 1991.

TIETJEN, C. Principal problema of the use of city wastes for crop. production and soil conservation. In: Organic Matter as fertilizers, Swedish International Development Authority, FAO, Soils Bulletin 27 : 211 - 226, Rome, 1975.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils, J. Soil. Sci: 33 : 141 - 163, 1982.

VAN ASSCHE, C. & UYTTEBROECK, P. Demand, supply and application possibilites of domestic waste compost in agriculture and horticulture. Agricultural Wastes 4 : 203 - 212, 1982.

- VAN RAIJ, B. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. São Paulo, 88p. 1988.**
- VENTURA, M. & MEZZONATO, V. Nada se perde, tudo se recicla. In: Revista de Domingo, Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 09/06/1991.**
- VITOSH, M. L.; DAVIS, J.F. & KNEZEK, B.O. Long-term effects of manure, fertilizer and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system. J. Environ. Qual. 2 : 296 - 299, 1973.**
- VLAMIS, J. & WILLIAMS, E.D. Utilization of municipal organic wastes as agricultural fertilizers, Compost. Sci, 13 (1) : 26 - 28, 1972.**
- VOLK, V.V. & ULLERY, C.H. Disposal of municipal wastes on sandy soils. Report to the Boeing by Dep. of Soil Science, Oregon State University, Corvallis, Oregon - USA, 1973.**
- UFRRJ. Roteiro de Aulas Práticas de Física do Solo I 2ª edição, 56p., 1986.**
- WALKLEY A. & BLACK, I.A. An examination of the degtjarref method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37 : 29 - 38, 1934.**
- WEBBER, L.R. incorporation of nonsegregated, noncomposted solid waste and soil physical properties. J. Environ. Qual. 7 (3): 397 - 400, 1978.**
- WILKEY, J.S., GARTRELL, F.E. & SMITH, H. Concept and design of the joint USPHS-TVA composting project, Johnson citys Tennessee. Compost Sci, 7 : 11 - 14, 1966.**