

EFEITO DO COMPOSTO DE RESÍDUO URBANO
NO pH E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO

TESE

Apresentada ao Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
para obtenção do Grau de Mestre

NELSON MAZUR

EXAMINADORES :

ARY CARLOS XAVIER VELLOSO

GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS

DEJAIR LOPES DE ALMEIDA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Ary Carlos Xavier Velloso, pela orientação prestada durante a execução do presente trabalho;

ao Prof. Gabriel de Araújo Santos, pela paciente e companheira orientação;

ao corpo docente do Departamento de Solos, do Instituto de Agronomia e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela formação profissional que possibilitou a execução do presente trabalho;

aos laboratoristas Denízia Victorina de Souza e José Hunaldo de Araújo Santos e ao aluno Alexandre Ravelli, pelo auxílio na condução do experimento e obtenção dos dados analíticos;

a Maria das Graças Alves Passos, pelo excelente trabalho datilográfico;

a todos que colaboraram para o desenvolvimento do presente trabalho.

BIOGRAFIA

NELSON MAZUR, nascido a 24 de outubro de 1955, no Rio de Janeiro, RJ, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (U.F.R.R.J.) em 1º de março de 1978.

Foi Monitor da disciplina de Fertilidade do solo, do Departamento de Solos da U.F.R.R.J., no ano de 1977.

Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), na categoria de pós-graduação, de 1978 a 1979, exerceu as funções de Auxiliar de Ensino do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da U.F.R.R.J. de 1978 a 1980.

E Professor Assistente do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da U.F.R.R.J., a partir de 1981.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO -----	04
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	05
2.1. Considerações gerais-----	05
2.2. Uso agrícola do composto de resíduos urbanos-----	08
2.3. Efeito do composto de resíduos urbanos na pro- dução agrícola -----	14
2.4. Efeito do composto de resíduos urbanos no pH do solo -----	19
2.5. Efeito do composto de resíduos urbanos nos cá- tions trocáveis do solo -----	20
2.6. Efeito do composto de resíduos urbanos na dis- ponibilidade do fósforo-----	21
2.7. Efeito da matéria orgânica na disponibilidade do fósforo -----	22
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	27
3.1. Solo -----	27
3.2. Composto de resíduo urbano-----	28
3.3. Fontes de fósforo -----	29
3.4. Procedimento experimental-----	28

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	33
4.1.	Efeito dos tratamentos no solo -----	33
4.1.1.	No pH do solo -----	33
4.1.2.	No alumínio trocável do solo -----	36
4.1.3.	No fósforo assimilável -----	40
4.1.3.1.	Fósforo determinado pelo método de Carolina do Norte -----	40
4.1.3.2.	Fósforo assimilável determinado pelo método da resina de troca aniônica -----	43
4.1.4.	Cálcio, magnésio e potássio trocáveis -----	48
4.2.	Efeito dos tratamentos na planta -----	51
4.2.1.	No fósforo extraído pelas plantas -----	51
4.2.2.	Peso seco das plantas -----	52
4.2.3.	No nitrogênio e potássio extraído pelas plantas -----	54
5.	LITERATURA CITADA -----	58
6.	APÊNDICE -----	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Efeito dos tratamentos no pH do solo -----	35
Figura 2. Alumínio trocável no solo, em função do pH, na ausência e presença do composto -----	38
Figura 3. Efeito dos tratamentos no alumínio trocável do Solo -----	39
Figura 4. Efeito dos tratamentos no fósforo assimilável ex- traído com Carolina do Norte -----	42
Figura 5. Efeito dos tratamentos no fósforo assimilável de- terminado pelo método da resina de troca aniô- nica -----	44
Figura 6. Σ (Ca+Mg+K) trocáveis, em função do pH, na ausên- cia e na presença do composto -----	47
Figura 7. Efeito dos tratamentos no fósforo extraído pelas plantas -----	50
Figura 8. Efeito dos tratamentos no peso seco das plantas	53
Figura 9. Efeito dos tratamentos no nitrogênio extraído pe- las plantas -----	56
Figura 10. Efeito dos tratamentos no potássio extraído pe- las plantas -----	57

RESUMO

Foi estudado o efeito do composto de resíduos urbanos na disponibilidade de fósforo. Empregou-se quantidade de fósforo equivalente a 150 kg de P/ha na forma de superfosfato triplo. Na forma de fosfato de araxá empregou-se doses equivalentes a 150 e 450 kg de P/ha. Estes tratamentos foram testados na ausência e na presença de composto de resíduos urbanos (30 t/ha). Os tratamentos acima descritos foram testados na presença de nitrogênio, de calagem e de ambos simultaneamente. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante 60 dias, empregando-se milho como planta teste, usando-se um delineamento totalmente casualizado.

Utilizou-se como parâmetros de resposta no solo, pH, alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis, fósforo assimilável, determinado pelos métodos de Carolina Norte e da resina de troca aniônica. Na planta os parâmetros empregados foram peso seco, nitrogênio, fósforo e potássio extraído.

O pH do solo elevou-se devido à aplicação de composto e de calagem, ocasionando, conseqüentemente, redução dos níveis de alumínio trocável no solo. Essa redução foi mais acentuada nos tratamentos que receberam composto.

O fósforo determinado com o extrator de Carolina do Norte não se correlacionou com o peso seco, nem com fósforo ex-

traído pelas plantas, pois, provavelmente, a acidez do extrator atacou a rocha fosfatada. O fósforo assimilável determinado com a resina de troca aniônica correlacionou-se com o peso seco ($r=0,81^{**}$) e com fósforo pelas plantas ($r=0,73^{**}$). Os efeitos do composto neste caso não foram tão evidentes quanto os encontrados quando se empregou o extrator de Carolina do Norte. Entretanto ocorreu elevação no teor de fósforo assimilável, de 57% devido à aplicação do composto, exceto nos tratamentos que receberam 450 kg de P/ha como rocha fosfatada. A redução de fixação de fósforo e mineralização do composto ocasionaram elevação nos níveis de fósforo assimilável. A calagem ocasionou redução nos níveis de fósforo assimilável no solo.

A soma de cálcio + magnésio + potássio trocáveis elevou-se em todos os tratamentos devido a mineralização do composto.

A aplicação do composto somente aumentou o nível de fósforo extraído pelas plantas nos tratamentos que não receberam fósforo, sugerindo que a sua atuação foi, principalmente, no fornecimento de fósforo devido à mineralização do composto, não atuando na solubilização da rocha fosfatada no período experimental.

A resposta ao composto, em peso seco das plantas, ocorreu nos tratamentos sem fósforo e na presença de superfosfato triplo. Na presença de rocha fosfatada, essa resposta foi nula ou negativa. Neste caso, também não foram observados dados que permitissem concluir sobre a "ação solubilizadora" do composto.

Nitrogênio e potássio extraído pelas plantas, comportaram-se, em relação ao composto, de maneira semelhante ao fósforo.

1. INTRODUÇÃO

Das três alternativas usadas para a disposição final de resíduos urbanos - águas superficiais, atmosfera e solo - este último representa não somente um método apropriado, mas também uma oportunidade para o manejo de resíduos com o mínimo de efeitos ao ambiente adverso. A aplicação de esterco, resíduos industriais e resíduos urbanos ao solo tem sido praticada durante séculos. O desafio, entretanto, está em utilizar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo como aceitador de resíduos com o mínimo de efeitos indesejáveis para as plantas a serem cultivadas, para as características do solo e para a qualidade do solo e para a qualidade da água do lençol freático. Portanto, o solo não deve funcionar como um simples depósito de resíduos. Solo e resíduo devem ser manejados como um sistema integrado de modo a se obter o melhor aproveitamento possível.

Cada solo apresenta uma capacidade máxima de assimilação de resíduos. Essa capacidade acha-se relacionada às características do solo, condições ambientais e plantas a serem cultivadas.

Neste trabalho procurou-se verificar:

- a) o comportamento de composto de resíduo urbano (fosfato de araxá) na presença de rocha fosfatada (fosfato de araxá)
- b) a influência do nitrogênio e da calagem no sistema solo - rocha fosfatada - composto de resíduos urbanos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. considerações gerais

Os resíduos sólidos representam, atualmente, um dos principais agentes poluidores do meio ambiente devido aos problemas relacionados com sua eliminação, que se avolumam continuamente, pressionados, principalmente, pela urbanização e pelo crescimento populacional.

As técnicas utilizadas para a eliminação de resíduos sólidos urbanos têm sido, geralmente, selecionadas visando a permitir o mínimo custo, sem se condiderar a imensa possibilidade da reutilização deste material. Pelo menos 30% dos resíduos atualmente coletados é biodegradável, podendo ser utilizado na conservação de solos, fabricação de rações, etc. A quase totalidade dos 70% restantes é constituída de material facilmente reutilizável como papel, plásticos, latas e vidro.

Atualmente, as técnicas mais usualmente empregadas na eliminação de resíduos urbanos sólidos são:

a) lançamento em alto mar: resulta em séria poluição oceânica e perda total do material para qualquer tipo de reutilização;

b) aterro sanitário: é técnica relativamente barata que pode, se bem empregada, ser uma via de recuperação de algu-

mas áreas; no entanto, acarreta problemas de poluição das águas subterrâneas, sendo, ainda, cada vez mais reduzida a área disponível para tal prática próximo às grandes cidades;

c) incineração: este método requer, relativamente, pouco espaço; apresenta, contudo, custos elevados na construção e operação de usinas próprias; no entanto, existe a possibilidade de se reduzirem os custos operacionais empregando-se o calor gerado na incineração para a produção de energia elétrica; esta alternativa constitui, porém, problemática fonte de poluição atmosférica;

d) compostagem: o composto é um produto homogêneo, obtido através de processo biológico, no qual a matéria orgânica existente nos resíduos é convertida microbiologicamente em produtos mais estáveis; tais resíduos podem ser: restos agrícolas, esterco ou resíduos sólidos urbanos, separados ou combinados; até há pouco tempo, a utilização do composto de resíduos orgânicos, de diversas origens, vinha sendo unicamente empregado, por poucos interessados, na produção agrícola "orgânica" ou "natural". Contudo, as crescentes limitações dos métodos anteriormente citados fizeram com que as técnicas de compostagem de resíduos sólidos urbanos, que vinham sendo utilizadas apenas como alternativa dos métodos de aterro sanitário e incineração; tomassem novos rumos. A utilização do composto de resíduos urbanos tem sido lembrada como alternativa ecológica preferencial à incineração ou ao aterro sanitário (Besley & Reed, 1972).

Experiências no passado têm mostrado conclusivamente que a compostagem é tecnicamente exeqüível e compensatória quando existe mercado tanto para os subprodutos como para o produto fi-

nal (Pavoni et alii. 1975).

Projetos grandiosos sobre a compostagem e a utilização agrícola do composto foram realizados pelo Tennessee Valley Authority Composting Project, pela municipalidade de Johnson City (TVA, 1966, Wilkey et alii. 1966) e Gainesville, Flórida (Gainesville Municipal Wastes Conversion Authority, 1969). Entretanto, os resultados positivos encontrados não podem ser extrapolados diretamente para outras regiões por duas razões fundamentais: a) diferença na composição dos resíduos urbanos, principalmente em relação à percentagem da fração compostável (facilmente oxidada); b) diferença de demanda do produto final e dos subprodutos, pois tem-se de levar em conta a abundância de terras férteis, preços de fertilizantes, fazendas com produção própria de esterco, problemas de transporte e aceitação do produto no mercado.

Pouco se sabe dos riscos resultantes da utilização indiscriminada desse material como agente promovedor das propriedades do solo. Tais perigos, dependendo do material de origem e do processamento, incluem: a) contaminação do solo e planta com metais pesados e/ou níveis tóxicos de micronutrientes (Indel, 1973, Parsa & Lindsay, 1972, Purves & Mackenzie, 1974, Giordano et alii 1975); b) contaminação com compostos orgânicos (Ellwart, 1976); c) contaminação com patógenos (Menke & Grossman, 1971, Parráková et alii. 1970, Hunt et alii, 1973b), d) Problemas de germinação (Hunt et alii 1973a). De maneira Geral, tais perigos são plenamente superáveis, e o aperfeiçoamento das técnicas de compostagem tende a reduzir, tanto quanto possível, estes e outros prováveis aspectos negativos.

Naturalmente não se podem desprezar as seguintes van-

tagens da compostagem em relação a outros sistemas de eliminação de resíduos urbanos (Besley & Reed, 1972, Mantell, 1975): a) a) apresenta-se entre os poucos métodos de eliminação de resíduos urbanos que possibilitam a recuperação de matéria-prima e energia; b) as usinas de compostagem podem receber diversos tipos de resíduos industriais, principalmente, daquelas que produzem resíduos orgânicos; c) as usinas de compostagem permitem o aproveitamento de produtos recicláveis; d) as usinas de compostagem bem localizadas permitem a redução do custo do transporte do lixo; e) custo reduzido de instalação e manutenção das usinas; f) poluição do insignificante ambiente; g) produto final é material que tem efeitos físicos, químicos e biológicos no solo.

2.2. Uso agrícola do composto de resíduo urbano

Um dos principais interesses da agricultura atual reside na manutenção de boas condições de produtividade do solo, o qual, apesar de abundante aplicação de fertilizantes, está perdendo sua capacidade produtiva numa proporção cada vez maior devido, principalmente, à redução de seu conteúdo de matéria orgânica. Esta fração, percentualmente reduzida, apresenta, porém, importância capital para manutenção da capacidade produtiva dos solos. A origem, natural da matéria orgânica - restos culturais é insuficiente para a manutenção de boas condições do solo. A suplementação pelo uso de "adubação verde" nem sempre é possível, e o esterco, que se vem tornando cada vez mais escasso, será destinado, em futuro próximo, a pequenas e especializadas estruturas agrárias, existindo, portanto, considerável déficit de matéria orgânica. O composto de resíduos urbanos, portanto, tem real pos-

sibilidade de formar um mercado agrícola, devido a sua composição e sua ação no solo serem comparáveis as dos esterços.

Para o agricultor, a adição de matéria orgânica ao solo tem a finalidade básica de melhorar as condições deste.

A melhoria das condições do solo e, particularmente, a recuperação de solos empobrecidos por cultivo intenso constituem tarefa muito complexa, não podendo ser resolvidas em curto período de tempo. São conhecidas as dificuldades de se elevar o conteúdo de matéria orgânica do solo. Seria demais esperar que o composto seja capaz de aumentar a produtividade agrícola em um só ano. Uma melhoria duradoura pode ser alcançada somente após alguns anos de uso.

A crise energética atual mostra que, cada vez mais, se deve dar ênfase a aspectos biológicos e físicos do solo, não desprezando os químicos, entretanto. Estudos comparativos de fertilizante e composto podem ter significante valor na pesquisa, todavia, tais comparações podem resultar em falsas interpretações e conclusões no que diz respeito ao composto. Tem acontecido, com base em tais resultados, o composto apresentar pouco valor para a agricultura devido ao fato de o mesmo somente ocasionar imediato aumento da produção quando atuando junto com fertilizante.

A matéria orgânica é composta de uma fração facilmente decomponível e de uma fração mais estável - húmus de difícil degradação microbiológica. O conteúdo de nutrientes do composto declina com a compostagem, ou seja, quanto mais cru o material do composto, maior o seu conteúdo em nutrientes e carbono. Teoricamente, o conteúdo de nutrientes após a completa decomposi-

ção do composto é praticamente zero, tornando-se o mesmo, húmus estável. O material perde consideráveis quantidades de matéria orgânica ativa durante a compostagem. Uma solução seria a aplicação superficial do composto cru. A compostagem procederia, então, de maneira correspondente à decomposição natural nas florestas. As perdas de matéria orgânica e nutrientes seriam mantidas num mínimo, assim como muitos produtos intermediários da decomposição como auxinas, hormônios e antibióticos. Dessa maneira, a humificação seria idealmente adaptada às condições locais pela participação dos microrganismos nativos do solo. Entretanto, a possibilidade dessa decomposição "laminar" ainda este por ser investigada pois também representa economia de espaço e energia. Naturalmente, as exigências higiênicas devem ser consideradas. Todavia, não se deve menosprezar a capacidade de autopurificação do solo. A agricultura está recorrendo cada vez mais ao uso da cobertura morta ("mulching"), porque é reconhecido o prejuízo de se deixar o solo desnudo, exposto às condições climáticas e, mais uma vez, a compostagem "laminar" estaria resolvendo o problema.

O aspecto fitossanitário do composto ou de resíduos "frescos" merece atenção. Muitos exemplos têm mostrados que o dano causado por pragas e doenças às culturas é menor em solos recém-desbravados do que em solos intensivamente cultivados, sendo os antagonismos entre doenças de plantas e seus parasitas praticamente ausentes nestes últimos. Hunt et alii (1973), trabalhando em solo arenoso, verificaram em experimento de campo a redução da população de nematódeos (*Helicotylenchus* sp), devido à incorporação de 32 t/ha de composto. Constataram ainda que população

de *Criconemóides* spp. não foi grandemente alterada, ocorrendo também uma elevação na população de nematódeos saprófagos.

Os organismos patogênicos de plantas cultivadas podem entrar na composição do material a ser compostado e a possibilidade de sua disseminação é uma importante questão, precisando-se, segundo Martin (1966), conhecer se o processo de compostagem destrói tais patógenos. Deve-se, ainda de acordo com Martin (1966), saber da sobrevivência de fitopatógenos, como tais organismos são influenciados pela aplicação do composto e se uma possível resistência fisiológica da planta é aumentada.

Essas questões não podem ser respondidas genericamente pois são muitas as variáveis que as influenciam. Dependendo do modo pelo qual a compostagem é conduzida, faz-se necessário uma análise intensiva para cada caso. Menke & Grossman (1974) verificaram, por exemplo, que no composto produzido pelo processo Multibacilo tower, onde temperatura máxima alcançada se situa em torno de 67°C, o vírus do tabaco não foi inativo, enquanto que o fungo *Rhizoctonia solani* e o nematódeo *Meloidogyne incognita* foram eliminados.

Embora muitos estudos tenham sido realizados sobre o efeito do composto nas propriedades físicas do solo, muitas lacunas precisam ainda ser preenchidas. Redução da densidade aparente, melhor agregação, maior retenção de água e também maior facilidade de trabalho de máquinas sobre o solo constituem alguns benefícios (Braun, 1964, Hortenstine & Rothwell, 1972, 1973, Terman & Mays, 1973, Webber, 1977). O controle da erosão pode, igualmente, ser conseguido com aplicação do composto (Braun, 1964, EPA, 1971).

O efeito do composto na textura do solo tem sido subestimado. É muito pouco provável que a aplicação continuada de composto deixe de alterar a textura do solo, visto que a aplicação significa a adição ao solo de apreciáveis quantidades de argila, silte e partículas mais grosseiras. Essas alterações serão, obviamente, função da granulometria do material. Em solos de textura pesada ou que sofreram danos estruturais devido à compactação, a adição de composto rico em partículas de vidro, cerâmica ou até mesmo plástico pode colaborar, a longo prazo, na recuperação desses solos. Alternativamente, os solos arenosos são beneficiados pela adição de material aglutinante proveniente do composto. Portanto, o ajuste da granulometria do composto deve ter como parâmetro o solo ao qual ele se destina.

O enriquecimento do composto com nutrientes constitui outra questão polêmica porque encarece o produto. Esse mesmo efeito no solo pode ser alcançado, de modo mais econômico, com o uso de fertilizantes. Não existe, portanto, justificativa para tal adição, a menos que o nutriente adicionado seja problemático em toda a região à qual se destina o composto.

A adição de misturas microbianas ao composto, especialmente para a agricultura, apenas encarecendo o produto. Cada localidade tem sua própria flora e fauna microbiana, que dificilmente serão alteradas por algumas centenas de quilogramas do composto por hectare.

Para a agricultura existem determinados limites da quantidade de composto que deve ser aplicada para se obter aumento da produtividade. Tudo que contribui para o aumento do cus-

to do composto reduz as suas possibilidades de utilização em quantidades adequadas. É evidente que somente um preço mínimo pode ser tolerado para o composto. Portanto, para se consolidarem e expandirem as vendas do composto, deve-se planejar a redução de seu custo, e não torná-lo mais caro por procedimentos adicionais.

Apesar de todas essas considerações, o problema de venda do composto persiste, pois os principais componentes do custo para o agricultor - o transporte e a aplicação - tornam-se cada vez mais dispendiosos. Esses problemas poderiam ser minorados através de estudos visando melhor localização das usinas de compostagem, de forma a reduzir o transporte tanto da matéria-prima como do produto final, o que certamente resultaria em maior número de pequenas usinas estrategicamente localizadas.

A adição de composto ao solo produz, portanto, uma multiplicidade de efeitos sobre o solo e a planta. Adicionam-se substâncias orgânicas que têm amplos efeitos físico, químico e biológico no solo. Fornece-se certa quantidade de micro e macronutrientes e contribui-se para a correção da acidez do solo (Vlamis & Willians, 1972, Terman & Mays, 1973, Bengtson & Cornette, 1973, Hortenstine & Rothwell; 1973, Terman et alii, 1973 Giordano et alii, 1975).

Todas essas ações dependem, largamente, das condições locais de uso do composto, das condições do solo, do clima e da cultura. O que pode ser útil para certa localidade pode ser prejudicial para outra. Portanto, é difícil estabelecerem-se normas rígidas para a agricultura, porque ela está relacionada a múltiplos processos, e o mais difícil ainda está em regular o uso de

um material complexo como o composto.

2.3. Efeito do composto de resíduos urbanos na produção agrícola

As áreas agrícolas, principalmente as próximas das cidades, podem ser beneficiadas com a recuperação da matéria orgânica existente nos resíduos. A prática da utilização de composto de resíduos urbanos nunca foi atualmente abandonada como meio de eliminação de resíduos de forma racional, porém, nas últimas décadas tomou impulso devido à elevação dos preços dos fertilizantes.

A utilização contínua de fertilizantes, além de onerosa, nem sempre permite produção em níveis compensadores. Além de nutrientes, o solo deve possuir propriedades de retenção de água, de fluxo de ar e de resistência à erosão, o que pode ser obtido com aplicação racional de matéria orgânica.

A produtividade está estreitamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo. Quando solos virgens são cultivados sem serem fertilizados, seu conteúdo de matéria orgânica e sua produtividade descrecem com o tempo. A manutenção da produtividade exige aplicação de adubos orgânicos e/ou químicos, a longo prazo, contudo, as mais elevadas produções resultam da aplicação combinada desses dois. Isto foi confirmado por Tietjen & Hart (1969) em experimento conduzido durante nove anos em que a combinação de adubação mineral e orgânica produziu 13% a mais de trigo quando comparada com adubação mineral. Níveis apenas 12% inferiores à adubação mineral foram conseguidos somente com adubação orgânica. Deve-se observar, entretanto, que o tipo de

tras propriedades, afeta a resposta à adubação.

Tietjen & Hart (1969) postularam que, na avaliação dos benefícios decorrentes da aplicação de composto, além da produção também devem ser observados os níveis dos nutrientes nas colheitas. Em experimento, Tietjen & Hart (1969) verificaram que batata, centeio e aveia extraíram, nas parcelas que receberam fertilizante e composto, 6%, 4% e 9% a mais de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, do que nas parcelas que apenas receberam fertilizantes.

Usando relação solo:composto de até 1:4, em casa de vegetação tendo como planta teste tomateiro, Fuller et alii (1967) obtiveram as seguintes respostas: o peso seco, em gramas por pote, da parte aérea do tomateiro foi de 0,91 quando ao solo não era adicionado composto, aumentando para 2,45 quando a relação solo:composto era 1:1, variando para 2,3% e 2,86 quando a relação era de 1:2 e 1:4, respectivamente. A aplicação de nitrogênio possibilitou melhor desenvolvimento das plantas. Como fonte de nitrogênio, a uréia apresentou resultados melhores do que o sulfato de amônio.

Em casa de vegetação, nabo e milho responderam positivamente à aplicação de composto em doses acima de 32 t/ha. A produção de forragem e a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio por aveia foi incrementada pela adição de 512 t/ha de composto. Com rabanete os melhores resultados foram obtidos com 128 e 512 t/ha, entretanto 512 t/ha também induziu efeito fitotóxico (Hortenstine & Rothwell, 1969).

Usando alface como planta teste, Vlavis & Willians(1972) observaram significativos incrementos na produção quando mistura-

ram com o solo quantidades equivalentes a 45, 90 e 135 t/ha de composto. A produção elevou-se mais ainda quando 200 kg de N/ha, sob a forma de nitrato de amônio, foram adicionados ao solo.

Em experimento com sorgo, Terman & Mays (1973) aplicaram, durante dois anos, quantidades de composto variando de 0 a 168 t/ha, comparando a produção com parcelas que receberam 0,36 e 72 kg de N/ha por ano. No primeiro corte, foram necessárias 94 toneladas do composto para produzir a mesma quantidade de sorgo produzida na parcela que recebeu 36 kg de nitrogênio. No segundo corte, 37 t/ha do composto produziram colheita semelhante à das parcelas que receberam 72 kg de nitrogênio. Terman & Mays (1973) concluíram que no segundo corte os resultados, foram influenciados pelo efeito residual da aplicação do composto.

Em 250 experimentos realizados na União Soviética com diversos tipos de solos, constatou-se, segundo Frans (1964, elevação média de 80% na produção de trigo, milho e batata. Foi também verificado que a aplicação do composto reduziu a incidência de fusarioses, rhyzoctonia e antracnose.

Hilkenbaeumer (1962) alcançou resultados positivos na produção de maçãs e cerejas devido à aplicação de 100 t/ha de composto por 3 anos e, ainda, observou que os tratamentos que receberam composto foram menos prejudicados durante a seca do que os tratamentos que receberam fertilizantes.

Terman et alii (1973), numa série de experimentos com milho, verificaram, através de curva de produção, que a adição de composto ao solo resultava na imobilização de nitrogênio. Calcularam que um grama do composto imobilizava 4,5 miligramas de nitrogênio. Para que a produção atingisse níveis satisfatórios,

em solos deficientes de nitrogênio, sugeriram que o composto deveria ser complementado com fertilizante nitrogenados. Concluíram, ainda, que a absorção de fósforo era maior na presença do composto devido ao fósforo presente neste e que o fósforo e o potássio do composto eram utilizados mais eficientemente do que nitrogênio; 71%, 64% e 16%, respectivamente.

Trabalhando com festuca, Terman et alii (1973) verificaram resposta à aplicação de fertilizantes na presença de calcário e composto, de calcário ou de composto isoladamente, não sendo obtida resposta ao fertilizante na ausência de calcário ou composto. No caso de no solo já ter sido aplicado o composto, ocorreu muito pouca resposta à aplicação de calcário. Concluíram, no experimento em questão, que o principal efeito do composto foi a ação corretiva, ocorrendo também algum efeito adicional do composto como fonte de nutrientes e como condicionador das propriedades físicas do solo.

Composto peletizado foi empregado por Hortenstine & Rothwell (1973) como condicionador das propriedades físicas e como fornecedor de nutrientes. Em estudo de casa de vegetação, a aplicação de 8 t/ha de composto aumentou a produção de sorgo. Empregando dose mais elevada do composto, 64 t/ha, obtiveram produções superiores à da parcela que recebeu 2 toneladas de fertilizante de formulação 16-4,4-8,3. Constataram, ainda; que a aplicação do composto aumentava a absorção de todos os nutrientes, exceto Mn.

Em experimento de campo realizado para observar o efeito do composto em pinheiros de 2 anos de idade, plantados em solos excessivamente drenados, Bengtson & Cornette (1973) observa-

ram redução do teor de nitrogênio e aumento do de potássio nas folhas das árvores situadas nas parcelas que receberam 44 t/ha de composto. Não foram observados efeitos prejudiciais decorrentes da aplicação do composto, pois os níveis de nitrogênio nas folhas recuperava seu valor original, sendo persistente apenas a elevação dos níveis de potássio nas folhas.

Para estudar a absorção de metais pesados, Giordano et alii (1975) cultivaram milho e feijão, durante dois anos, em parcelas que receberam separadamente $ZnSO_4$ e composto. As quantidades de composto (contendo Zn-0,16%; Pb:0,045%; Cd-0,0015% e Ni-0,030%) foram calculadas de modo a fornecer o mesmo teor de zinco em relação aos tratamentos que receberam $ZnSO_4$. No primeiro ano, constataram elevação da produção de matéria seca nas parcelas que receberam composto, não se observando toxidez em nenhuma das parcelas que receberam zinco. Em relação à testemunha; a concentração de zinco na parte aérea do milho foi 2 a 3 vezes maior nas parcelas que receberam composto e 5 a 10 vezes maior nas que receberam $ZnSO_4$. Giordano et alii (1975) verificaram também que a concentração de chumbo e níquel no vegetal não foram afetadas pela adição do composto, havendo apenas efeito da diluição desses elementos no vegetal; fato que atribuíram ao maior desenvolvimento das plantas devido ao uso do composto. A concentração de cádmio no vegetal foi 3 a 4 vezes maior nas parcelas que receberam composto. Verificaram, também; que o feijoeiro, por ser mais sensível ao zinco, apresentou redução de produção nas doses mais elevadas de zinco e composto.

Resultados obtidos por Purves & Mackenzie (1974) mostram que o boro foi o agente fitotóxico, no composto, responsá-

vel pelo sintoma apresentado pelo feijoeiro. Dos elementos pesquisados - cobre, zinco e boro - este último foi o único que teve sua concentração aumentada no tecido vegetal devido à aplicação do composto.

2.4. Efeito do composto de resíduos urbanos no pH do solo

As alterações no pH decorrentes da aplicação do composto dependem basicamente da qualidade e quantidade do composto e das características no solo.

Fuller et alii (1967) cultivaram, durante 14 semanas, flores e tomates em misturas onde a relação composto:solo variava de 1:0 até 1:4. Empregando o composto originário de Sacramento, EUA, o pH na pasta do solo, em todas as misturas, permaneceu em 7,7, enquanto que, empregando o composto originário de Phoenix, EUA, o pH da relação 1:0 situou-se em 7,6: o da relação 1:1 em 7,1, permanecendo estável em pH 7,3 quando a relação variava para 1:2 e 1:4.

Na tentativa da recuperação de material residual da mineração de fosfatos, Hortenstine & Rothwell (1972). observaram decréscimo no pH do solo de 7,50 para 6,92 e 7,10 quando aplicaram 35 e 70 t/ha do composto respectivamente. Esses valores foram superiores àqueles observados quando se aplicava composto e fertilizantes simultaneamente.

Em solo franco siltoso, extremamente deficiente em nitrogênio, Terman & Mays (1973) observaram ao final do experimento pH 5,4 na parcela que não recebeu composto, enquanto que a parcela que recebeu 50 t/ha teve seu pH elevado para 6,2 e as

que receberam 92, 162 e 365 t/ha tiveram seu pH elevado para 6,2, 6,6 e 6,8 respectivamente;

De acordo com Terman et alii (1973), aplicações maciças de composto apresentam considerável efeito corretivo, além de aumentarem a concentração de zinco por milho e festuca.

Hortenstine & Rothwell (1972) não observaram alterações no pH do solo apesar de aplicações de até 74 t/ha de composto em solo arenoso.

Em solo arenoso, cujo pH inicial era de 5,10, Bengtson & Cornette (1973) observaram elevação do pH do solo para 5,43 e 6,26 com a aplicação de 4,4 t/ha e 44 t/ha de composto, respectivamente.

Giordano et alii (1975), aplicando 40 t/ha do composto, observaram elevação do pH para 5,7 enquanto a testemunha permanecia em pH 4,9. Ao aplicarem no solo 80 e 160 t/ha do composto, o pH obtido foi de 5,7 e 6,3, respectivamente.

2.5. Efeito do composto de resíduos urbanos nos cátions trocáveis do solo

A aplicação do composto em areias de reduzidas fertilidade (Ca - 223 ppm, Mg - 36 ppm, K - 5 ppm) resultante da mineração de fosfatos, propiciaram aumento dos teores de Ca, Mg e K trocáveis, embora o exclusivo uso do composto não proporcionasse produção satisfatória em relação às parcelas que receberam composto e fertilizante. Os níveis de Ca, Mg e K extraídos com NH_4Ac pH 4,8 foram alterados para 334 ppm, 19 ppm e 6 ppm nas parcelas que receberam 35 t/ha do composto e para 621, ppm,

33 ppm e 12 ppm, respectivamente, nas parcelas que receberam 70 t/ha do composto que possuía a seguinte composição: Ca - 1,92%; Mg - 1,208 e K - 2,10% (Hortenstine & Rothwell, 1972).

Mays et alii (1973) constataram, ao aplicar 327 t/ha de composto, elevação dos níveis de Ca, Mg e K trocáveis de 4,13, 0,75 e 0,25 mE/100 g para 9,80, 1,36 e 0,46 mE/100 g, respectivamente.

Hortenstine & Rothwell (1973) verificaram aumento significativo de K e Ca trocáveis (NH_4Ac pH 4,8) pela devida aplicação de 16, 32 e 64 t/ha de composto.

Bengtson & Cornette (1973) ao aplicarem 4,4 e 44 t/ha de composto não observaram alterações de Ca, Mg e K trocáveis nas parcelas que receberam 4,4 t/ha do composto. Nas parcelas que receberam 44 t/ha de composto, constatou-se aumento no teor de Ca trocável, sendo, entretanto, reduzidos os acréscimos nas quantidades de Mg e K trocáveis.

2.6. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade do fósforo

Empregando diferentes proporções de composto: solo para cultivo de flores, Fuller et alii (1967) observaram que o fósforo disponível (solúvel em bicarbonato) para as plantas era maior nos potes que apenas continham composto. A diferença entre o fósforo disponível nos potes que só continham composto e os que continham a mistura composto:solo foi altamente significativa sempre que a fonte de nitrogênio empregada era sulfato de amônio, mas apenas significativa nas misturas composto:solo de

1:2 e 1:4 quando a fonte de nitrogênio empregada era uréia.

Hortenstine & Rothwell (1972), na tentativa de recuperar resíduos arenosos resultantes da mineração de fosfatos, aplicarem quantidades equivalentes a 35 e 70 t/ha do composto, com e sem aplicação simultânea de uma tonelada de fertilizante de formulação 10-4,4-8,3. Constataram que os níveis de fósforo, extraído com NH_4Ac pH 4,8, permaneceram mais elevados nas parcelas que somente receberam fertilizante.

Hortenstine & Rothwell (1973) constataram aumento do nível do fósforo disponível (NH_4Ac pH 4,8) apenas quando o composto era aplicado nas quantidades de 64 e 128 t/ha.

Aumento significativo no fósforo disponível (Bray n° 2), decorrente da aplicação de 4,4 e 44 t/ha do composto, foi constatado por Bengtson & Cornette (1973).

2.7. Efeito da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo

Muitos pesquisadores (Copeland & Merkle, 1942, Gerretsen, 1948, Sing & Jones, 1976, Lapez-Fernandes et alii, 1979 e El Barum & Olsen, 1979) constataram aumento da disponibilidade do fósforo em solos que receberam matéria orgânica. Struthers & Sieling (1950) e Swenson et alii (1949) demonstraram, "in vitro", que, entre pH 3,0 -9,0, substâncias orgânicas, comumente presentes no solo, eram eficientes na prevenção da precipitação de fósforo por ferro e alumínio. Deans & Rubins (1947) e Kurtz et alii (1946) observaram que certos ânions orgânicos eram eficientes na extração de fosfato do solo, sendo os mais eficientes, de acordo com Waksman e Renszer (1932), citrato, oxalato e tartara-

to, que são substâncias produzidas no solo pela ação de microrganismos.

Dalton et alii (1952) empregaram matéria orgânica com 0,24% de fósforo para determinar se este poderia tornar-se disponível às plantas através da decomposição microbiana. Para tal empregaram solo de reduzida disponibilidade de fósforo e com elevada capacidade de fixação. Os dados de produção indicaram resposta à adição de fosfato inorgânico, porém, os resultados mais notáveis foram devidos à adição da matéria orgânica contendo 0,24% de P. A aplicação de 40 kg de P/ha como fosfato solúvel triplicou a absorção de fósforo. Entretanto, a aplicação da mesma quantidade de fósforo na forma de matéria orgânica (0,24% de P) quintuplicou a absorção de fósforo. É possível que o aumento da absorção de fósforo pelas plantas tenha sido causado pela lenta, porém constante, mineralização do fósforo orgânico pelos microrganismos do solo.

Portanto, para um teste definitivo sobre a eficiência de determinadas substâncias na redução da fixação de fósforo, torna-se necessário que as mesmas sejam isentas desse elemento, para que o fato acima descrito não mascare a atuação da matéria orgânica como redutora da capacidade de fixação de fósforo. Essas substâncias devem servir também como substrato para o desenvolvimento de microrganismos. Os carboidratos são fontes energéticas para um grande número de microrganismos produtores de ácidos orgânicos. Alguns desses ácidos orgânicos constituem, pelo menos "*in vitro*", as substâncias mais eficientes na prevenção da precipitação de fosfato de ferro e alumínio.

O efeito da matéria orgânica na disponibilidade de fosfato proveniente da rocha fosfatada tem sido sujeito a numerosas investigações. Bauer (1921) verificou aumento na absorção de fósforo quando misturas de matéria orgânica e rocha fosfatada eram aplicadas ao solo. Gerretsen (1948) observou que a ação microbiana aumentou a disponibilidade de fósforo da rocha fosfatada, enquanto Waksman (1938) constatou aumento de solubilidade de rocha aplicada ao solo, o que atribuiu à ação de certos constituintes do húmus.

Em experimento realizado para determinar o efeito da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo e na solubilização de rocha fosfatada, Dalton et alii (1952) empregaram amido, sacarose, glicose e pectina como substâncias orgânicas devido ao fato de conterem elas quantidades insignificantes de fósforo, de serem normalmente encontradas em resíduos de plantas e, ainda, de serem metabolizadas por microrganismos do solo produzindo ácidos orgânicos, como cítrico, oxálico, tartárico, málico, malônico e galacturônico, os quais, segundo Struthers & Sieling (1950), se têm mostrado eficientes na redução de fosfato fixado. Os dados obtidos indicaram que quando substâncias orgânicas praticamente isentas de fósforo são aplicadas no solo, elas têm o mesmo efeito que tem a adição de fosfato solúvel - aumento da absorção de fósforo pelas plantas. Há uma considerável variação na magnitude do efeito, mas em todos os casos ele foi positivo. O aumento da absorção de fósforo resultante de vários tratamentos com rochas fosfatadas indicaram que esse material foi efetivo como fonte de fósforo, porém, menos eficiente que fosfato solúvel. O efeito geral da matéria orgânica em com-

binação com rocha fosfatada foi maior do que com rocha fosfatada apenas; entretanto, o aumento na absorção de fósforo, resultante da combinação, não pode ser atribuído especificamente a um efeito da matéria orgânica sobre a rocha fosfatada porque o aumento não foi maior do que o produzido quando se empregou somente matéria orgânica.

Com a finalidade de testar a influência de resíduos orgânicos na sorção e desorção de fósforo em solo com alta capacidade de fixação, Sing & Jones (1976) constataram, após 30 dias de incubação, que todos os resíduos usados decresceram a quantidade de fósforo sorvido. Sing & Jones (1976) sugeriram que o uso da técnica de sorção para informar as necessidades de fósforo deve levar em consideração o tipo e quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo, seu conteúdo de fósforo e a época da aplicação.

Lopez-Hernandez et alii (1979), estudando o efeito de alguns ânions orgânicos na extração de fosfatos de solos ácidos e calcários, concluíram, comparando as curvas obtidas empregando-se apenas KCl e aquelas com ânions orgânicos (a diferentes pH) que o fosfato extraído estava relacionado com a solubilidade de composto de ferro e alumínio nos solos ácidos, e a fosfato de cálcio nos solos calcários. Os ânions orgânicos foram eficientes no deslocamento de fosfato já retido nos sítios ativos do solo e embora a concentração de ácidos policarboxílicos no solo não seja muita alta, sua importância não pode ser subestimada. Em solos ácidos ($\text{pH} < \text{pK}$ dos ácidos carboxílicos), os ânions orgânicos são relativamente eficientes na remoção de fosfatos, mas em solos calcários ($\text{pH} > \text{pK}$ dos ácidos carboxílicos), apenas

uma pequena proporção do fosfato liberado dos sítios de retenção é devida a presença de ânions orgânicos altamente carregados.

Estudando o efeito de esterco na solubilidade de fósforo em três solos calcários, El Barum & Olsen (1979) constataram aumento nos níveis de fósforo extraído com CaCl_2 0,01 M, embora o pH permanecesse constante em todos os tratamentos. Dados semelhantes foram obtidos quando se usou NaHCO_3 , 0,5 M como extrator.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solo

Utilizaram-se amostras coletadas até à profundidade de 20 cm de um Latossolo Amarelo, coletado no km 12 da Estrada Piraí. Pinheiral, Fazenda Bela Aliança, município de Piraí, RJ. As análises físicas e químicas das amostras do solo (Quadro I) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no manual de métodos de análise do solo da EMBRAPA (1979).

3.2. Composto de resíduo urbano

Usou-se composto de resíduos urbanos preparado na Usina de Compostagem de Irajá, RJ, e fornecido pela Companhia de Limpeza Urbana (COMLURB). Após secagem ao ar, o composto foi homogeneizado e moído em moinho de martelo e em seguida passado em peneira com malha de 2 mm. O material que passou na peneira (aproximadamente 90%) foi homogeneizado, analisado e usado na fase experimental. A análise do composto (Quadro II) foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo International Reference Center for Waste Disposal (1978).

3.3. Fontes de fósforo

Utilizou-se superfosfato triplo e fosfato-de-araxá com 11,8% de P (Ribeiro, 1979) moído em gral de porcelana e passado em peneira com malha de 0,15mm.

3.4. Procedimento experimental

Os experimentos foram conduzidos em potes, em casa de vegetação, tendo como planta-teste o milho, e os tratamentos foram realizados de acordo com o seguinte esquema:

unidade 0: foram adicionadas ao solo destinado a cada pote quantidades de fósforo equivalentes a 0 (P0) e 150 kg P/ha na forma de superfosfato triplo (ST), e a 150, kg P/ha e 450 kg/ha na forma de fosfato-de-araxá (respectivamente RP1 e RF3); estes tratamentos foram testados na ausência e na presença (30 t/ha) de composto de resíduo urbano;

unidade 1: idêntica à unidade 0, com acréscimo de 60 kg N/ha aplicados sob a forma de solução de uréia;

unidade 2: idêntica à unidade 0, com acréscimo de calcário sob a forma de 4 CaO:1MgO (produtos PA) correspondente a 2,5 t/ha;

unidade 3: idêntica à unidade 0, acrescida de nitrogênio e calcário nas quantidades e sob as formas aplicadas nas unidades 1 e 2 respectivamente.

A todos os potes foi adicionado K_2SO_4 , em forma de solução e em quantidade equivalente a 80 kg K_2O/ha e 5 ml de solução micronutriente preparada segundo Fernandes (1974).

Volumes de 5 dm^3 de amostras de solo já homogeneizadas com incorporação dos tratamentos foram transferidos para potes plásticos, pintados externamente com tinta alumínio, que continham água suficiente (0,7 $dm^3/pote$) para que a umidade do solo atingisse 80% da capacidade de campo por ascensão capilar.

Após duas semanas foi realizada a semeadura com 6 sementes de milho (*Zea mays* L.; hib. AG 259) por pote. Oito dias após a emergência das plantas foi realizado desbaste, deixando-se duas plantas por pote. Diariamente, durante todo o período de crescimento, adicionou-se água suficiente para repor a umidade do solo ao nível de 80% da capacidade de campo.

Todos os tratamentos foram repetidos três vezes e dispostos na casa de vegetação de forma totalmente casualizada, totalizando 96 potes resultantes do produto de 4 unidades, 8 tratamentos e 3 repetições.

No final do período experimental (60 dias); a parte aérea das plantas de cada vaso foi cortada rente ao solo, determinando-se o peso fresco; em seguida, levou-se o material à estufa de circulação de ar durante 48 horas a 60°C, determinou-se peso seco e, em seguida, procedeu-se à moagem em moinho tipo "Wiley" (40 mesh), submetendo-se, então, o material às determinações de nitrogênio total (Mitchell; 1972), fósforo total (Sarruge & Haag, 1974) e potássio total (Sarruge & Haag, 1974).

Dos potes foram retiradas amostras de solo, que depois de secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e homogeneizadas, foram analisadas de acordo com a metodologia descrita no manual de análise de solos da EMBRAPA (1979).

Para o fósforo disponível, além da extração com solução 0,05 N em HCl e 0,025 N em H_2SO_4 (Carolina do Norte), realizou-se extração com resina de troca aniônica. O procedimento seguido foi essencialmente o descrito por Hislop & Cooke (1966), com pequenas modificações. Porções de aproximadamente 5 g de amostras de solo, secadas ao ar foram moídas em gral e passadas em tamis de 0,25 mm de malha. Isso forneceu amostras de solo que poderiam, posteriormente, ser facilmente separadas da resina. Porções de 1 g das amostras de solo, finamente pulverizadas, foram transferidas para Erlenmeyer de 125 ml. Porções de 1 g de resina Ambelite IRA-400 AR (na forma de cloreto) foram adicionadas aos erlenmeyers, seguidas da adição de 100 ml de água deionizada. O sistema foi agitado durante 18 horas à temperatura de laboratório ($\pm 25^\circ C$) e, a seguir, a suspensão foi passada no tamiz de 0,25 mm. As partículas de solo, sendo menores que 0,25 mm passaram através das malhas da peneira deixando apenas a resina, que foi passada quantitativamente, com jatos de água deionizada, para um pequeno funil equipado com filtro de papel (Whatmann nº 1). A resina, no funil, foi lavada com 50 ml de solução 1N: de Na_2SO_4 para deslocar o fosfato adsorvido que, no extrato, foi analisado pelo método do molibdato em meio sulfúrico, usando-se $SnCl_2$ como redutor.

Quadro I. Algumas propriedades do Latossolo Amarelo

Composição granulométrica, %				Retenção de água., %		c-org.	N-total	C/N
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	1/3 atm	15 atm	%	%	
43	18	11	28	17,3	12,8	1,17	0,08	15
pH	Cationstrocáveis mE/100g				CTC efetiva mE/100g	P-disponível ppm		
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Al ⁺³				
4,8	0,8	0,2	0,08	1,2	2,28		1	

Quadro II. Características do composto utilizado no experimento

Composição				
%		ppm		
El - 1,40	Mg - 0,20	Zn - 870	Umidade	- 6,2%
P- 0,10	Na - 0,56	Mn - 860	Cinzas	- 47,8%
K- 0,85	Fe - 4,30	Cu - 1180	Condutividade	- 3,2 mmhos/c
Ca- 1,60	C - 16,60	B - 130	pH	- 8,0
			C:N	- 11,8
			CTC (pH 7)	- 52 mE/100 g

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito dos tratamentos no solo

4.1.1. No pH do solo

A figura 1 apresenta os resultados de pH do solo após a colheita das plantas. Foi observada diferença significativa para composto, calagem, fósforo e nitrogênio. A média dos valores de pH dos tratamentos que receberam composto elevou-se de 5,15 para 5,68, sendo o efeito mais pronunciado nas parcelas que receberam nitrogênio e calagem; nessas parcelas o valor médio do pH alcançou 6,21. Olsen et alii (1970) observaram elevação do pH após 0,5 semanas de aplicação; porém, após 21 semanas de incubação constataram decréscimo de pH que atribuíram ao processo de nitrificação. Na tentativa de recuperar areias residuais da mineração de fosfato, Hortenstine e Rothwell (1972) aplicaram 37 e 70 t/ha de composto e observaram após 16 meses redução do pH, sendo o valor inicial 7,5 e os valores finais 6,9 e 7,1 respectivamente. Em casa de vegetação, ao aplicarem 3% de matéria orgânica; Hoyt & Turner (1975) observaram elevação do pH durante 6 semanas, permanecendo constante nas 14 semanas seguintes, decrescendo até o final do experimento (24 semanas), quando alcançou valor ligeiramente superior ao valor do pH inicial do solo.

As diferenças observadas no pH do solo neste experimento podem ser atribuídas aos teores de Ca, Mg, Na e K do composto. O teor médio de Ca + Mg trocáveis nas parcelas que não receberam composto foi de 2,42 mE/100 cm³ elevando-se para 3,74 mE/100 cm³; esta variação representa um aumento de 54% no teor de Ca + Mg trocáveis. A formação de humatos alcalinos sugerida por Eira (1970) pode também explicar a elevação do pH.

Em todas as parcelas que receberam nitrogênio observou-se elevação do pH. As maiores variações ocorreram na ausência da calagem. Contrariamente, Fuller et alii (1967) observaram um decréscimo de pH em resposta a doses crescentes de nitrogênio, sendo esse decréscimo mais acentuado quando a fonte de nitrogênio foi sulfato de amônio.

O valor médio de pH observado nas parcelas que não receberam fósforo foi de 5,48. Para as parcelas que receberam superfosfato triplo este valor foi de 5,35. Nas parcelas que receberam 150 e 450 kg de P/ha na forma de rocha fosfatada foram observados os valores de 5,42 e 5,41 respectivamente. Inversamente Vasconcelos et alii (1974) e Smith & Sanchez (1980) constataram aumento no pH devido à aplicação de doses crescentes de fósforo. Este aumento foi atribuído pelos autores a liberação de hidroxilas das superfícies coloidais durante a adsorção de fósforo. Estes resultados foram observados por Smith & Sanchez. (1980) em doses superiores a 920 kg de P/ha. No presente caso as doses aplicadas foram de 150 e 450 kg de P/ha, bastante reduzidas para ocasionar tal efeito, entretanto, suficientes para promover melhores condições de extração de nutrientes, o que provavelmente reduziu o pH do solo.

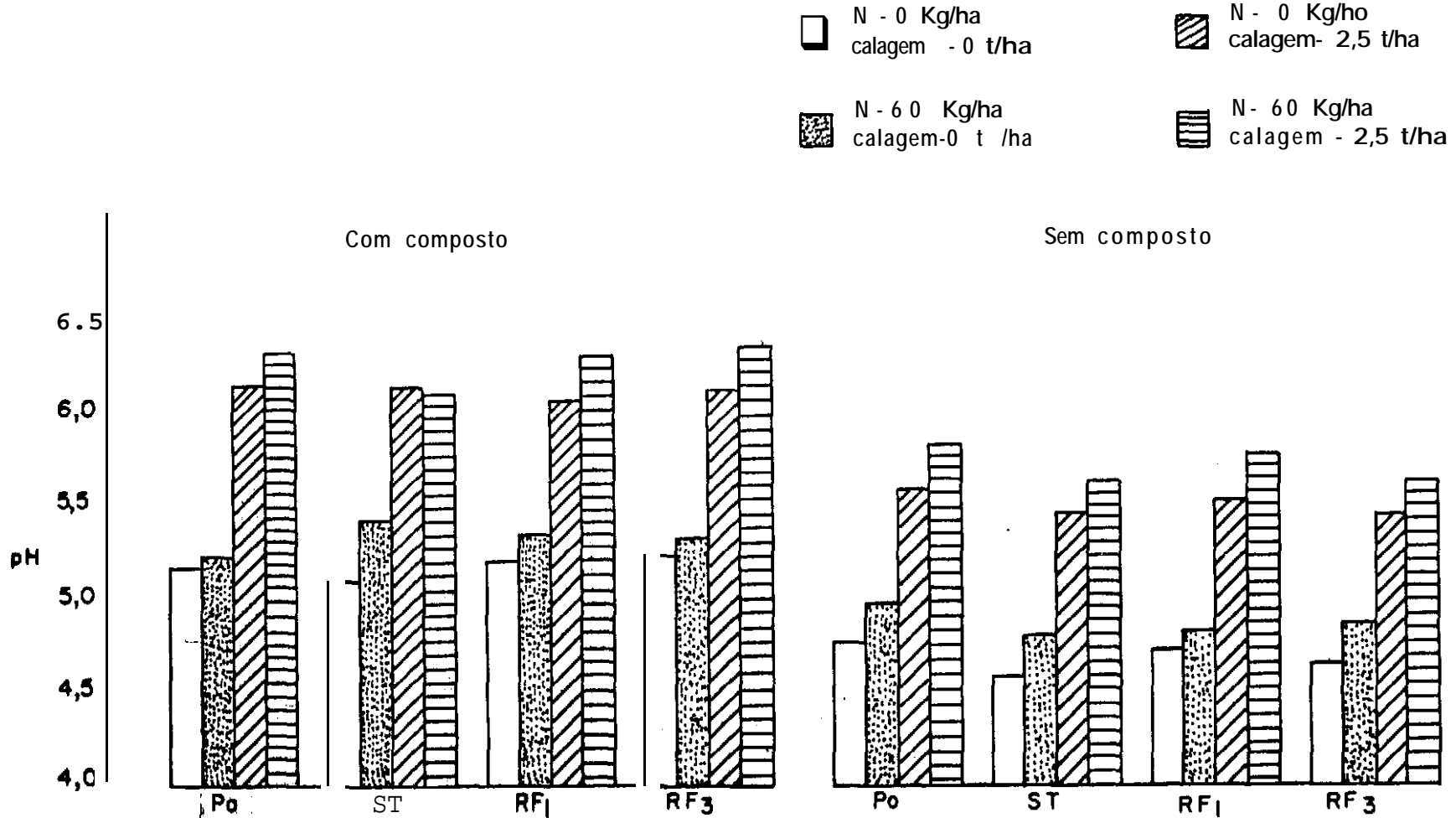


Fig. 1. Efeito dos tratamentos no pH do solo, onde PO-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo; RF1-150 kg P/ha e RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

4.1.2. No alumínio trocável do solo

Na figura 2 são apresentados os teores de alumínio trocável em função do pH na ausência e na presença do composto. Estes dados indicam a influência da matéria orgânica no alumínio trocável. Como pode ser observado para cada valor de pH, inferior a 5,5, o teor de alumínio trocável é menor na presença do composto, sendo estes resultados semelhantes aos encontrados por Thomas (1975), Santiago (1972) e Cabrera & Talibudeen (1977). Este efeito pode ser atribuído principalmente à complexação, adsorção, quelação e outras reações, reduzindo conseqüentemente a quantidade de alumínio tóxico no solo (Mortensen, 1963).

Usando técnicas de infra-vermelho, Schnitzer & Skinner, (1963) constataram que o alumínio pode combinar-se com a matéria orgânica numa relação molar de até 6:1. É possível que o alumínio possa ser eletrostaticamente ligado a um ou mais grupos carboxílicos dependendo do grau de polimerização e carga efetiva do íon alumínio. Clark & Nichol (1966) sugeriram a formação de complexos insolúveis alumínio - matéria orgânica, sendo essa uma das prováveis razões do melhor desenvolvimento de plantas em solos orgânicos de pH baixo, ou solos que receberam matéria orgânica.

Outros autores mostram que a matéria pode influenciar a relação entre pH e a quantidade de alumínio na solução do solo (Evans & Kamprath, 1970). A adição de matéria orgânica em solo ácido decresceu a concentração de alumínio na solução do solo e os efeitos de sua toxidez mais intensamente do que quando comparado ao solo com o seu pH corrigido com calcário para o mesmo valor da amostra que recebeu matéria orgânica (Santiago, 1972).

Thomas (1975) mostrou que acréscimos no teor de matéria orgânica do solo resultam em redução de alumínio trocável, concluindo que o melhor desenvolvimento das culturas em solos que receberam matéria orgânica, pelo menos em parte, está mais relacionado com a remoção de alumínio da solução do solo, do que a simples adição de nutrientes.

A figura 3 mostra os efeitos dos tratamentos no teor de alumínio trocável. A média dos valores de alumínio trocável dos tratamentos que receberam calcário foi de 0,05 mE/100 cm³, enquanto a média dos tratamentos que não receberam foi de, 0,63 mE/100 cm³. A adição de composto ocasionou uma redução, na média dos tratamentos, de 0,55 para 0,12 mE/100 cm³. Os efeitos mais notáveis foram devidos à aplicação simultânea de composto e calcário, pois o teor médio de alumínio trocável nos tratamentos que não receberam nenhum dos dois materiais foi de 1,17 mE/100 cm³, alcançando 0,0 mE/100 cm³ nas parcelas que receberam calcário e composto.

A aplicação de nitrogênio ocasionou redução nos níveis de alumínio trocável, sendo o valor médio do alumínio trocável, sendo o valor médio do alumínio trocável parcelas que receberam nitrogênio de 0,28 mE/100 cm³, e de 0,39 mE/100 cm³ nas parcelas que não receberam nitrogênio. Pode-se atribuir esse efeito à hidrólise de uréia que ocasionou ligeira elevação do pH, de 5,33 para 5,51.

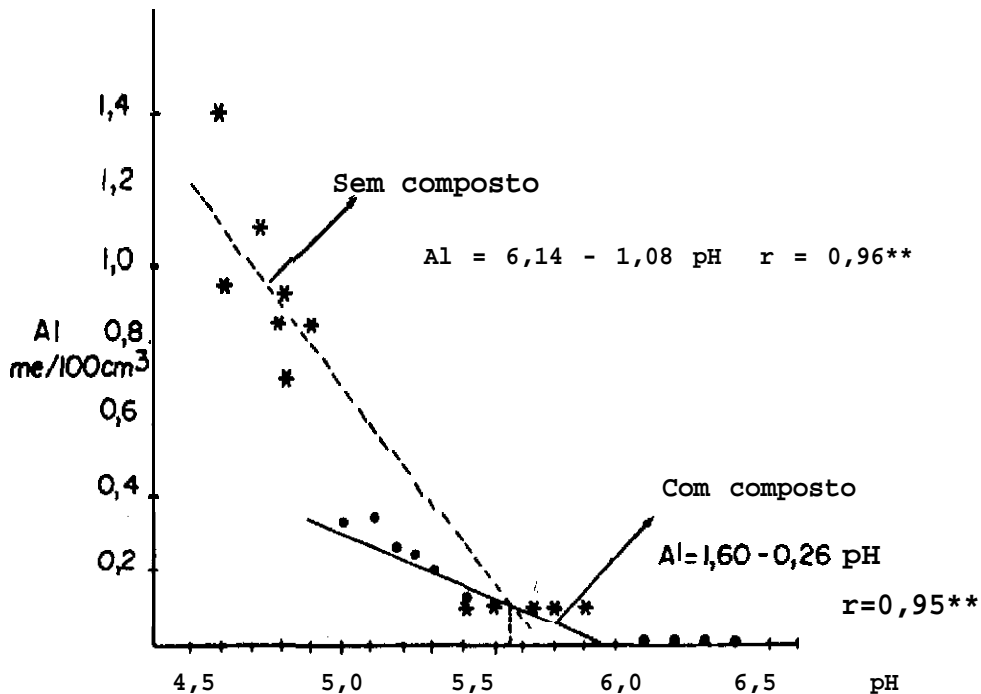
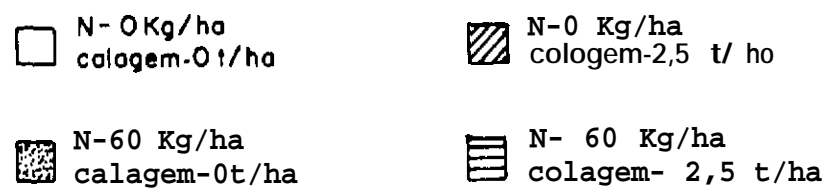
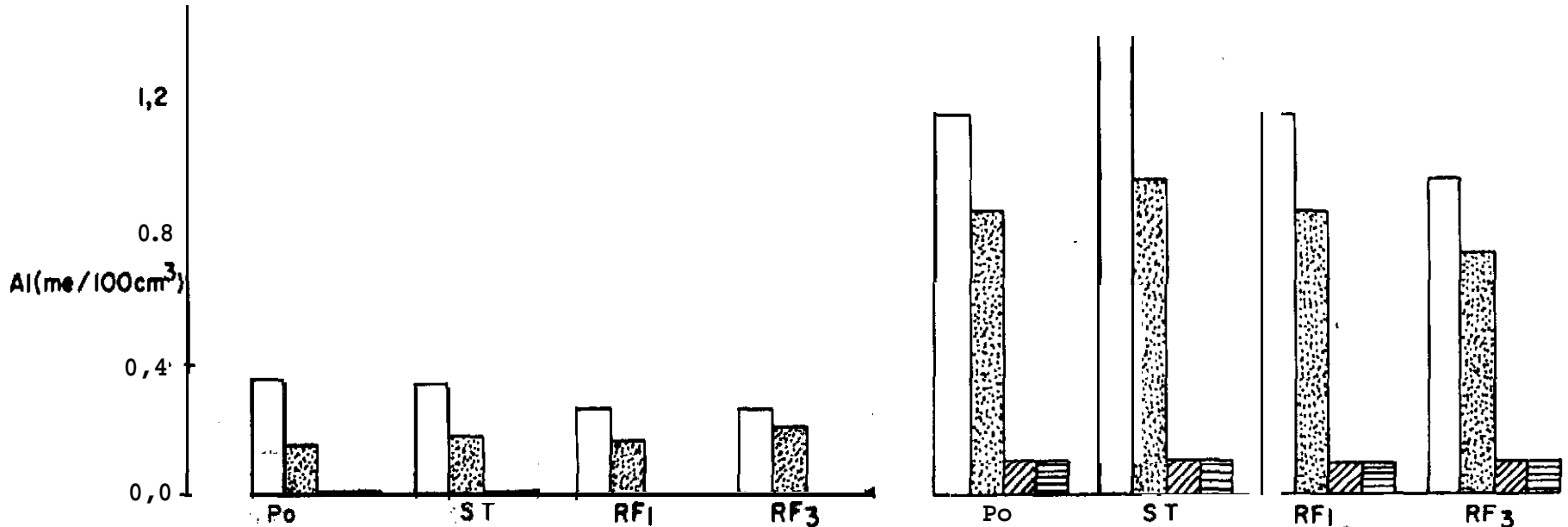


Fig. 2. Alumínio trocável no solo, $\text{mE}/100 \text{ cm}^3$, em função do pH, na ausência e na presença de composto.



Com composto

Sem composto



1 Fig. 3. Efeito dos tratamentos no alumínio trocável do solo, mE/100 cm^3 , onde Po-0 kg P/ha ST-150 kg p/ha como superfosfato triplo RF1-150 kg P/ha e RF3-450 kg p/ha como fosfato de araxá.

4.1.3. No fósforo assimilável

4.1.3.1. Fósforo extraído pelo método de Carolina do Norte

A maioria dos autores concorda que o efeito da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo está relacionado com a atuação microbiológica na sua decomposição e na produção de ácidos orgânicos capazes de formar complexos estáveis com ferro e alumínio. O efeito da matéria orgânica é dependente da variação de pH ocasionada pela sua aplicação, suas relações C:N e C:P, da qualidade da matéria orgânica, do tipo de fosfato e das características do solo (Alexander, 1965, Bradley & Sieling, 1953).

A correlação não significativa tanto do peso seco, quanto do fósforo extraído pelo vegetal com fósforo assimilável (Carolina do Norte), mostra, aparentemente, que a rocha fosfatada foi atacada pela acidez do extrator. Portanto, os teores de fósforo retirados pelo extrator de Carolina do Norte determinado nas parcelas que receberam rocha fosfatada não estão prontamente assimiláveis pelas plantas. Apesar disso, algumas tendências podem ser observadas na figura 4. A adição de composto elevou os níveis de fósforo assimilável em, todas as parcelas. Nas parcelas que não receberam composto o valor médio de fósforo assimilável foi de 21,12 ppm. Enquanto que nas parcelas que receberam composto alcançou 31,54 ppm.

A calagem, isoladamente, apenas promoveu níveis significativamente maiores de fósforo assimilável no tratamento em que foram aplicados 450 kg de P/ha (RF3), na presença do composto, no tratamento em que foram 150 kg de P/ha (RF1) na ausência

do composto, embora a tendência geral fosse o aumento de fósforo assimilável.

A adição de nitrogênio, isoladamente, não causou variação significativa do fósforo assimilável, exceto no tratamento RF3 na ausência do composto.

A adição simultânea de nitrogênio e calagem ocasionou resultados semelhantes aos observados quando a calagem foi aplicada isoladamente, sendo significativamente menor o tratamento RF3 na presença e ausência do composto. A tendência de elevação do teor do fósforo assimilável quando da aplicação simultânea de nitrogênio e calagem se comporta de forma semelhante ao fósforo assimilável determinado nos tratamentos que receberam somente calcário, sendo este provavelmente o elemento que mais influenciou o comportamento do fósforo.

Evidentemente, a comparação dos níveis de fósforo assimilável pode ser enganosa, pois não foi constatada correlação entre o fósforo extraído com Carolina do Norte e a produção. A média de fósforo assimilável nas parcelas que não receberam fosfato foi de 3,37 ppm, enquanto nas que receberam superfosfato triplo (ST) foi de 8,54 ppm, sendo de 21,12 e 72,29 ppm nas parcelas que receberam 150 e 450 kg de P/ha (RF1 e RF3), respectivamente. Observa-se, ao triplicar-se a dose de rocha fosfatada, uma elevação de 3,4 vezes no teor de fósforo extraído com Carolina do Norte.

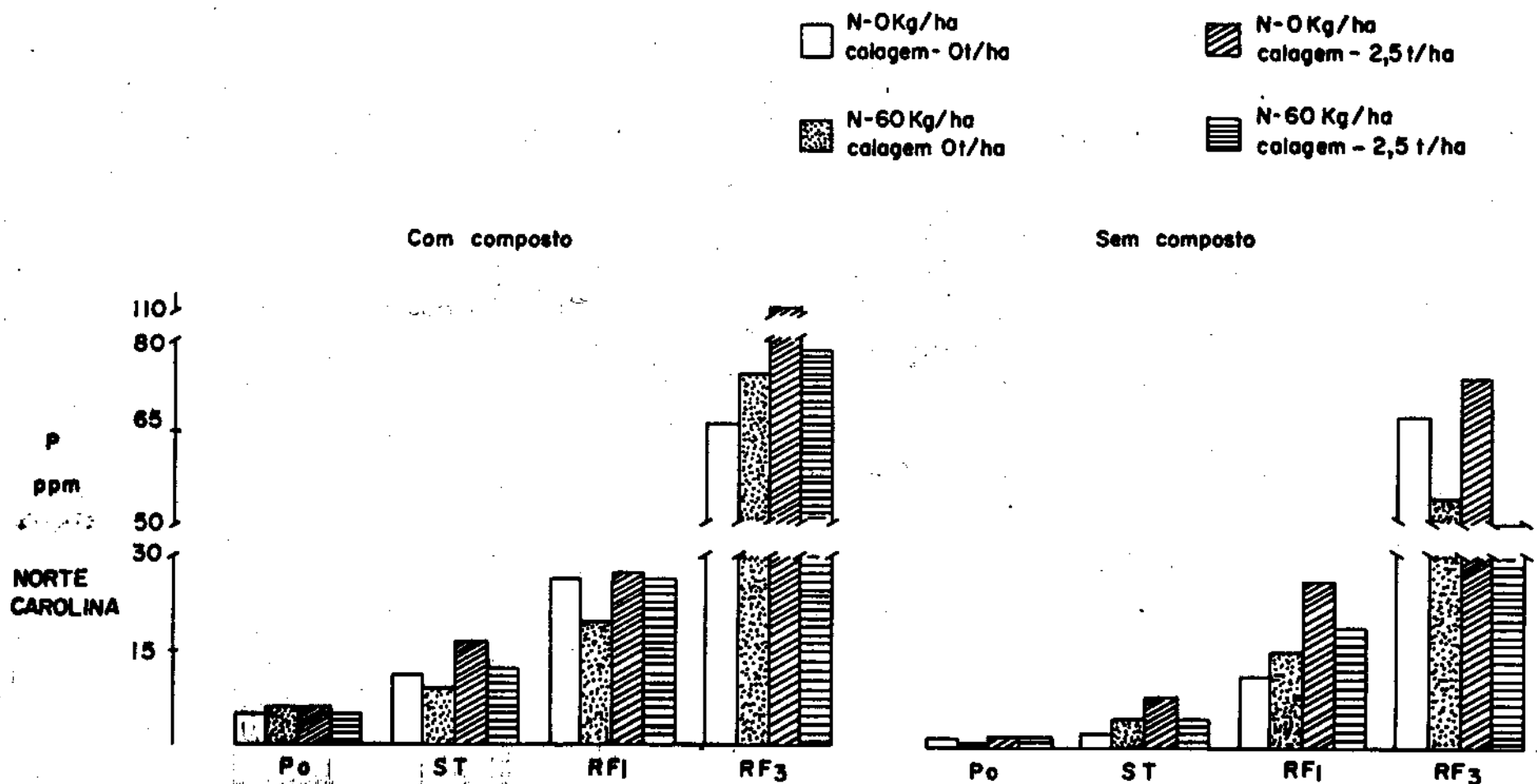
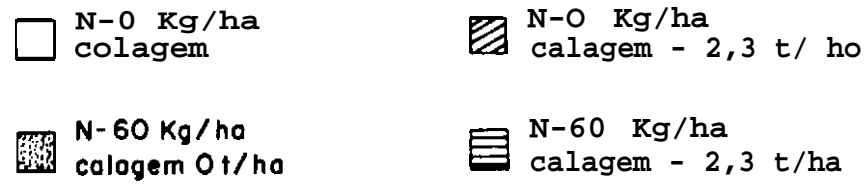


Fig. 4. Efeito dos tratamentos no fósforo assimilável, em ppm, extraído com Carolina do Norte, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplô; RF1-150 kg P/ha e RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

4.1.3.2 - Fósforo assimilável determinado pelo método, de resina de troca aniônica

A correlação altamente significativa do fósforo determinado pelo método da resina, tanto para peso seco ($r=0,81^{**}$), como para fósforo extraído pela planta ($r=0,73^{**}$), atestam a maior eficiência deste método em dosar fósforo assimilável na presença rocha fosfatada.

Na figura 5 são mostradas os resultados para o fósforo assimilável determinado pelo método da resina. Verifica-se que o composto não apresenta efeitos tão patentes quando comparado com os efeitos ocasionados no fósforo extraído com Carolina do Norte (fig. 4). Resultados significativos para o composto aparecem nos seguintes tratamentos: ausência de fósforo, de nitrogênio e de calagem; presença de superfosfato triplo isoladamente e na presença de nitrogênio; tratamento RF3 na presença simultânea de nitrogênio e calagem, somente calagem e somente nitrogênio, sendo que neste último tratamento ocorreu resultado negativo. A média de fósforo assimilável determinado com resina dos tratamentos que receberam composto, foi de 4,73 ppm, enquanto a média dos tratamentos que não receberam composto foi de 4,95 ppm, observando-se um pequeno decréscimo não significativo de fósforo devido à aplicação do composto, ao contrário da maioria dos resultados para fósforo assimilável empregando-se, outros métodos que não o da resina. Essa pequena diferença no fósforo assimilável devida à aplicação do composto é mascarada pelo resultado apresentado pelo tratamento RF3 na ausência do composto, pois os demais resultados dos tratamentos que receberam composto foram em média,



Com composto

Sem composto

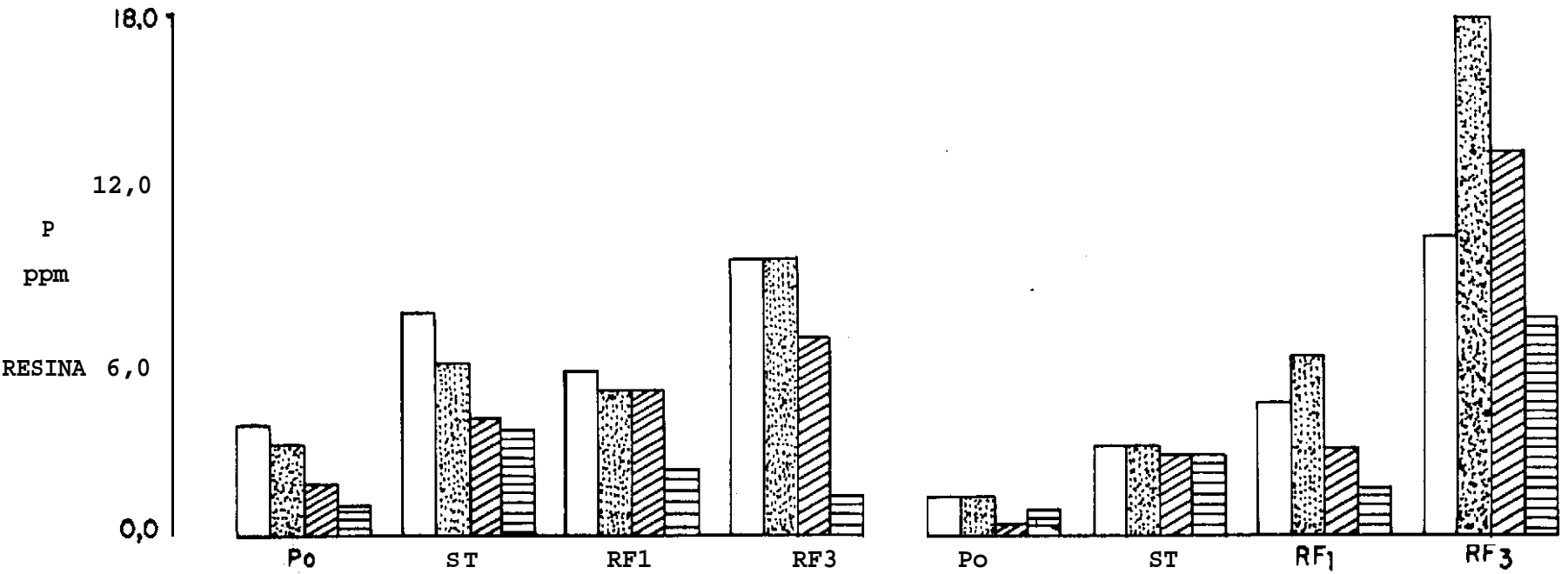


Fig. 5. Efeito dos tratamentos no fósforo assimilável, em ppm, determinado pelo método da resina de troca aniônica, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo; RF1-150 kg P/ha e RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

57% superiores às médias dos tratamentos que não receberam composto, semelhantemente ao encontrado nos resultados de fósforo extraído com Carolina do Norte.

A ação do composto, na grande maioria dos tratamentos, foi positiva, indicando que os fenômenos de redução de fixação de fósforo e mineralização de matéria orgânica poderiam ter ocasionado maiores níveis de fósforo assimilável no solo. Não é possível afirmar a ocorrência de imobilização de fósforo, provavelmente devido a ser a relação C:P do composto inferior a 200 (166), o que segundo Alexander (1965), não ocasionaria imobilização.

A adição de nitrogênio apresentou como resultado significativamente superior apenas o tratamento RF3 na ausência do composto. Uma tendência de redução de fósforo assimilável nos tratamentos que receberam composto e nitrogênio é observada, provavelmente pelo ligeiro estímulo da atividade microbiana ocasionada pela adição de nitrogênio.

A calagem reduziu significativamente os níveis de fósforo assimilável nos tratamentos ST e RF3 que receberam composto, aumentando-os apenas no tratamento RF3 que não recebeu composto. Exceto neste último tratamento, a tendência geral foi a redução do fósforo assimilável determinado pelo método da resina, ao contrário do ocorrido quando se determinou o fósforo pelo método de Carolina do Norte.

A grande-maioria dos autores postula que a concentração de fósforo na solução do solo aumenta geralmente, após a calagem. Esta também reduz a concentração de íons ferro e alumínio que reagiriam com fertilizantes fosfatados adicionados ao solo formando fosfatos de ferro e alumínio de reduzida solubilidade. To-

davia, existem poucas evidências experimentais demonstrando que a concentração de fosfato aumenta após a calagem (Amarasiri & Olsen, 1973). Alguns autores, usando os extratores fortemente tamponados ou notadamente ácidos para estudar o efeito da calagem na solubilidade do fósforo em solos, não encontraram diferenças na concentração de fósforo assimilável devidas à calagem (Laeton & Davis, 1956, Shoop et alii, 1961). Aslyiny (1954), usando CaCl_2 0,01 M, observou que a calagem decresceu a concentração de fósforo assimilável em dois solos argilosos e a aumentou ligeiramente, em terceiro solo. Taylor & Gurney (1965) realizaram estudos em cinco solos ácidos e, em quatro deles, observaram decréscimo na concentração de fósforo no primeiro nível da calagem, não sendo observada uma tendência geral na concentração de fósforo nos níveis seguintes de calagem. Esses autores encontraram aumento de fósforo extraído pelo método da resina para cada nível de calagem em todos os cinco solos.

As evidências experimentais do efeito da calagem na disponibilidade de fósforo para as plantas não são conclusivas. Dados de experimentos mostram que a calagem aumentou o conteúdo de fósforo nas plantas (MacLean & Cook, 1955); diminuiu o conteúdo de fósforo nas plantas (Neller, 1953) e não causou alteração no conteúdo de fósforo das plantas (Shoop et alii, 1961, Abruna et alii, 1964).

Os resultados do presente estudo sugerem que a correlação do fósforo determinado pelo método da resina, com a produção, indica uma diminuição do nível de fósforo em decorrência da calagem tanto na ausência quanto na presença de composto. Possivelmente, os fosfatos adicionados juntamente com a calagem foram

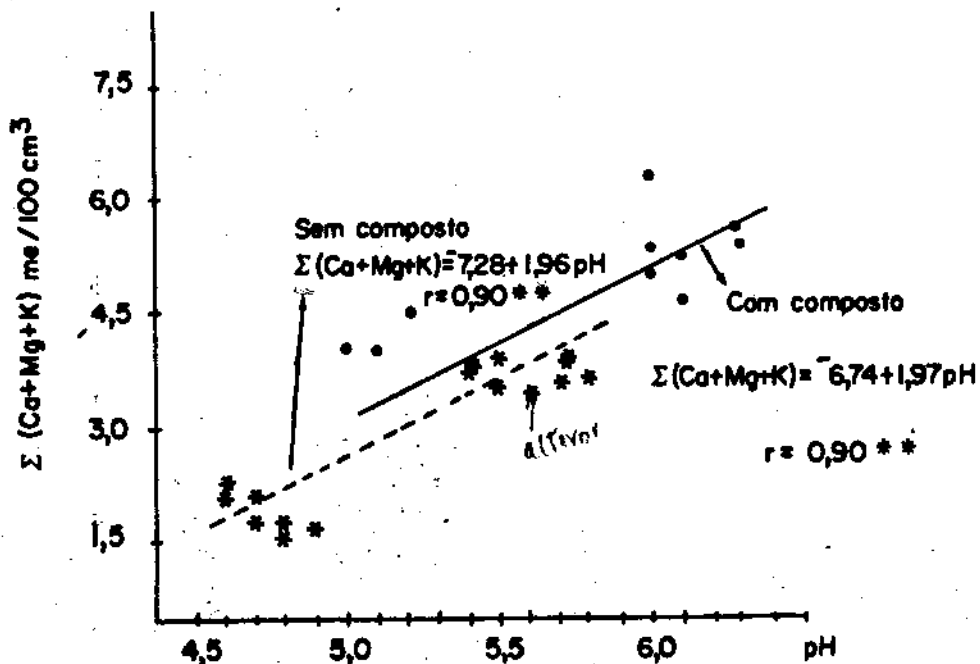


Fig. 6. $\Sigma (\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K})$ trocáveis, $\text{mE}/100 \text{ cm}^3$, em função do pH na ausência e na presença do composto.

inativados pelos hidróxidos de ferro e alumínio recém-formados devido à adição de calcário. Segundo Murrmann & Peech (1969), a precipitação de fosfato por íons ferro e alumínio é possível, embora seja uma reação lenta em comparação com a taxa de adsorção de fosfatos pelos hidróxidos recém-formados. Murrmann & Peech (1969) sugerem ainda que a calagem pode decrescer a concentração de fósforo pela oclusão devida à precipitação de fósforo junto a hidróxidos de ferro e alumínio.

4.1.4. Cálcio, magnésio e potássio trocáveis

O somatório cálcio + magnésio + potássio trocáveis em todos os tratamentos aumentou com a elevação do pH (fig. 6). Em todos os tratamentos que receberam composto essa soma foi maior do que nos tratamentos que não o receberam, sendo essa diferença atribuída à mineralização do composto, a qual possivelmente, não foi afetada pelo pH do solo, pois a diferença permaneceu praticamente constante na faixa de pH observada (4,6 a 6,3).

O conteúdo de cálcio do composto (1,6%) elevou o teor de cálcio trocável do solo em níveis equivalentes aos da calagem. O teor do magnésio trocável não foi influenciado pelo composto, provavelmente, devido ao seu reduzido conteúdo (0,2%). Para o potássio trocável do solo ocorreu influência do composto, cujo conteúdo é de 0,85%.

A aplicação de nitrogênio não apresentou resultados constantes em relação ao conteúdo de cálcio, magnésio e potássio trocáveis. A aplicação de nitrogênio na presença do composto reduziu o teor de cálcio trocável o qual não foi alterado na au-

sência do composto. O conteúdo de magnésio, em relação à aplicação do nitrogênio, foi reduzido tanto na presença quanto na ausência do composto. Em relação aos níveis de potássio trocável observou-se, na presença do composto, que a adição de nitrogênio não alterou o teor, entretanto, a ausência do composto ocasionou elevação deste.

Terman & Mays (1973) observaram redução dos teores de cálcio e magnésio e potássio trocáveis devido à aplicação de nitrogênio, isoladamente e associado a 50 e 128 t/ha de composto. Bengtson & Cornette (1973), ao aplicarem composto e nitrogênio em solo extremamente drenado, observaram elevação dos teores de cálcio e magnésio devido à aplicação de 4,4 e 44 t/ha de composto. Para potássio trocável, quando aplicaram 4,4 t/ha de composto, foi observada redução dos níveis. Devido à aplicação de nitrogênio não foram observadas diferenças, exceto elevação do teor de magnésio trocável.

Quanto à calagem, foram observados acréscimos iguais nos níveis de cálcio, tanto na presença como na ausência do composto; entretanto, o acréscimo de magnésio devido à calagem, na ausência do composto foi de 0,52 mE/100 cm³, enquanto que na presença do composto esse acréscimo foi de apenas 0,24 mE/100 cm³. Os níveis de potássio trocável não foram alterados pela calagem.

□ N-0 Kg/ha
calagem - 0 t/ha

▨ N-0 Kg/ha
calagem - 2,5 t/ha

▩ N-60Kg/ha
calagem- 0t/ha

▧ N-60 Kg/ha
calagrm - 2,5 t/ha

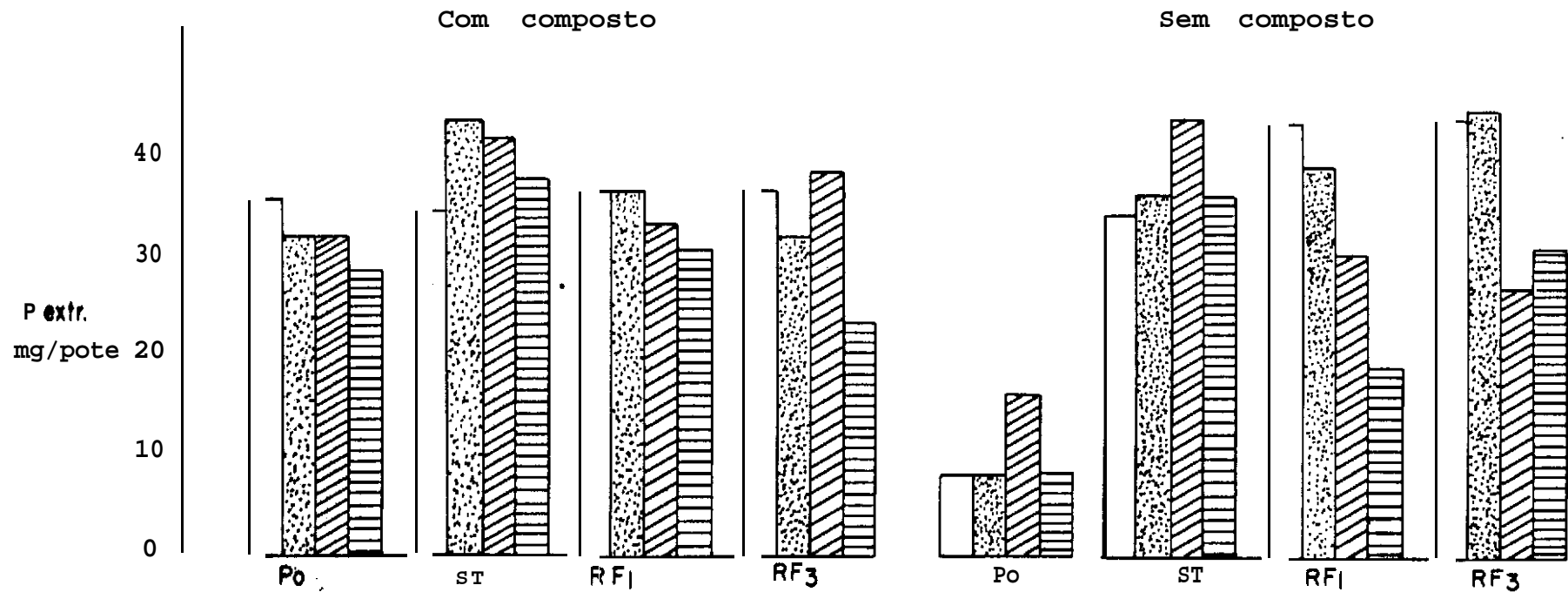


Fig. 7. Efeito dos tratamentos no fósforo extraído pelas plantas, em mg/pote, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo; ml-150 kg P/ha e RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

4.2. Efeito dos tratamentos na planta

4.2.1. No fósforo extraído pelas plantas

A figura 7 apresenta os resultados referentes a fósforo extraído pelas plantas. Nas parcelas que não receberam fósforo nem composto, a média alcançada foi de 10 mg. Para as parcelas que receberam composto na ausência de fósforo, a média foi de 33 mg. Nos demais tratamentos de fósforo não ocorreram diferenças significativas devidas à adição do composto, sugerindo que a sua atuação foi principalmente no fornecimento de fósforo, através da mineralização, não atuando na solubilização da rocha fosfatada.

A aplicação de nitrogênio não contribuiu para maior extração de fósforo pela planta. Estes resultados concordam com os dados observados para fósforo assimilável quando da aplicação de nitrogênio.

A calagem nos tratamentos que receberam composto não promoveu alteração no fósforo extraído pelas plantas, exceto no tratamento ST. Nos tratamentos que não receberam composto para todos os tratamentos de fósforo ocorreram diferenças significativas devido à calagem. Portanto, na presença do composto, a calagem praticamente não influenciou a quantidade de fósforo extraída pela planta. Os efeitos da calagem, na ausência do composto, fósforo e na presença de superfosfato triplo foram positivos. Na presença de rocha fosfatada foram negativos.

4.2.2. Peso seco das plantas

A figura 8 apresenta os resultados, em peso seco, para todos os tratamentos. Com relação ao uso do composto, pode-se dividir os resultados em dois grupos, em função das fontes de fósforo. Ocorreu resposta positiva à aplicação de composto na ausência de fósforo e na presença de superfosfato triplo, porém, em relação à rocha fosfatada, a resposta foi negativa no tratamento RF3, não ocorrendo resposta no tratamento RF1. A adição de composto permitiu que os tratamentos que não receberam fósforo tivessem sua produção semelhante à observada nos tratamentos que receberam rocha fosfatada e composto. Com relação à possível ação solubilizadora do composto, não foram observadas, no período do experimento, respostas positivas em termos de peso seco. A possibilidade de imobilização do fósforo fica prejudicada em função da não solubilização da rocha fosfatada, provavelmente devido à elevação do pH em decorrência da adição do composto. O efeito da triplicação da rocha fosfatada, apesar de reduzido, ficou mais evidente na ausência do composto (de 6,68 para 7,96 g/pote) do que na presença do composto (de 6,30 para 6,35 g/pote).

Com relação à adição de superfosfato triplo, os resultados, tanto com como sem composto, foram positivos. A adição do composto promoveu uma elevação do pH, o que implicou em provável redução da fixação de fósforo. Esta redução pode ser atribuída à ação da matéria orgânica, o que elevou os níveis de fósforo assimilável, permitindo maior produção (Struthers & Sieling, 1950; Copeland & Merkle, 1942).

□ N - 0 Kg/ha
calagem-0 K/ha

▨ N - 0 Kg/ha
calagem-2,5 t/ha

▩ N - 60 Kg/ha
calagem-0 t/ha

▧ N - 60 Kg/ha
calagem-2,5

Cô m composto

Sem composto

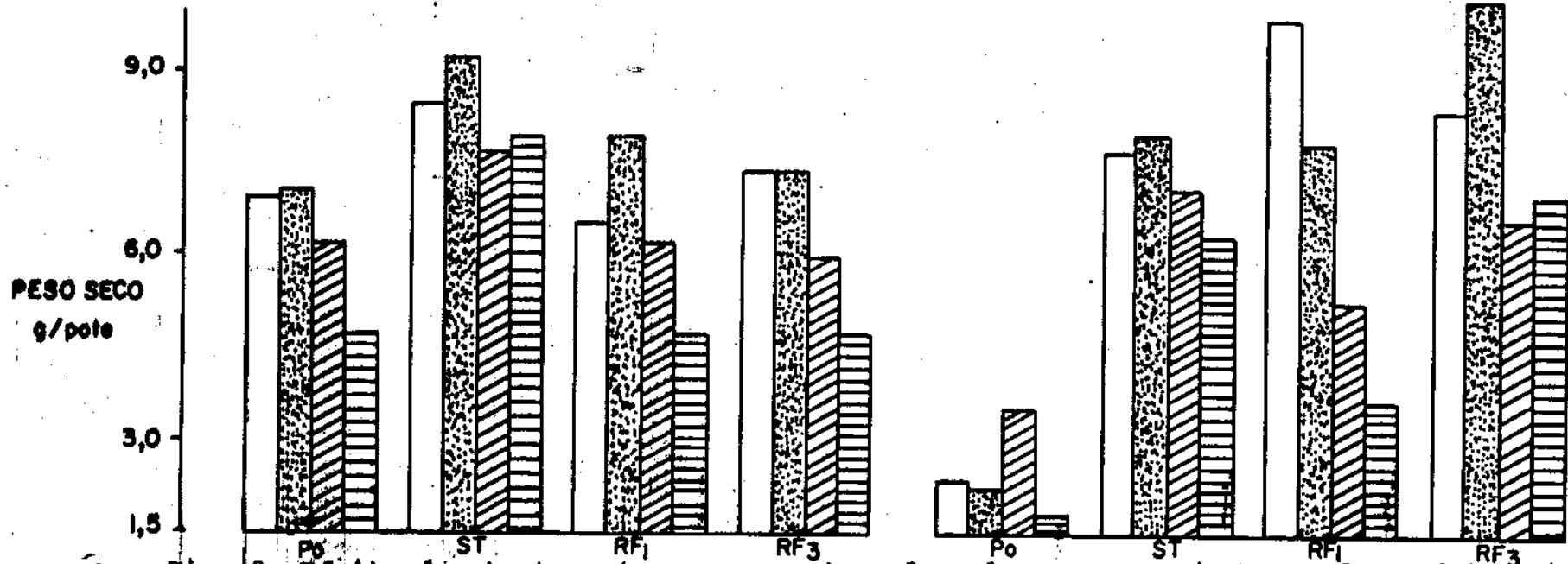


Fig. 8. Efeito dos tratamentos no peso seco das plantas, em g/pote, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo; RF1-150 kg P/ha e RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

Para os tratamentos que receberam calagem e composto a média foi de 6,49 g/pote, enquanto para os que só receberam composto foi de 7,28 g/pote. Redução semelhante, porém mais acentuada, ocorreu nos respectivos tratamentos que não receberam composto (de 7,06 para 5,62 g/pote), sendo evidente a ação negativa da calagem; entretanto, a presença do composto reduziu essa atuação.

4.2.3. No nitrogênio e potássio extraído pelas plantas

A adição do composto somente apresentou resultados para nitrogênio extraído pelas plantas (fig. 9) nos tratamentos que não receberam nitrogênio e calagem, sendo esse efeito semelhante ao observado para fósforo extraído pelas plantas (fig. 7). Esses resultados podem ser atribuídos aos reduzidos níveis de fósforo no solo que limitaram o desenvolvimento vegetal. Em consequência da adição do composto, o fósforo liberado pela mineralização pode, pelo menos parcialmente, suprir uma deficiência, possibilitando maior absorção deste e de nitrogênio. A ausência de resposta ao composto, nos tratamentos que receberam superfosfato triplo e rocha fosfatada reforçam essas observações. Não houve resposta à aplicação do nitrogênio, e a calagem provocou ligeiro decréscimo na absorção deste, provavelmente pela redução dos níveis de fósforo assimilável, uma vez que este limitava esse desenvolvimento vegetal.

Para potássio extraído pelas plantas (fig. 10) a adição do composto permitiu maior absorção em todos tratamentos. Esses resultados concordam com a presença de potássio trocável

no solo devido à adição de composto. Provavelmente, o potássio, por não estar ligado a nenhum constituinte orgânico do composto, passe para a solução do solo com velocidade superior à do nitrogênio e do fósforo. A adição de nitrogênio e calagem só aumentou o nível de potássio absorvido pelas plantas na presença do composto, sugerindo que tais condições favorecem maior absorção de potássio. Hortenstine & Rothwell (1972) não observaram diferenças na concentração de nitrogênio e fósforo em sorgo devido à aplicação de 35 e 70 t/ha do composto, na ausência e na presença de fertilizantes minerais. Entretanto, para potássio, as diferenças foram significativas para todos os tratamentos.

Os dados numéricos dos resultados obtidos integram os quadros 1 a 11, que constituem o Apêndice.

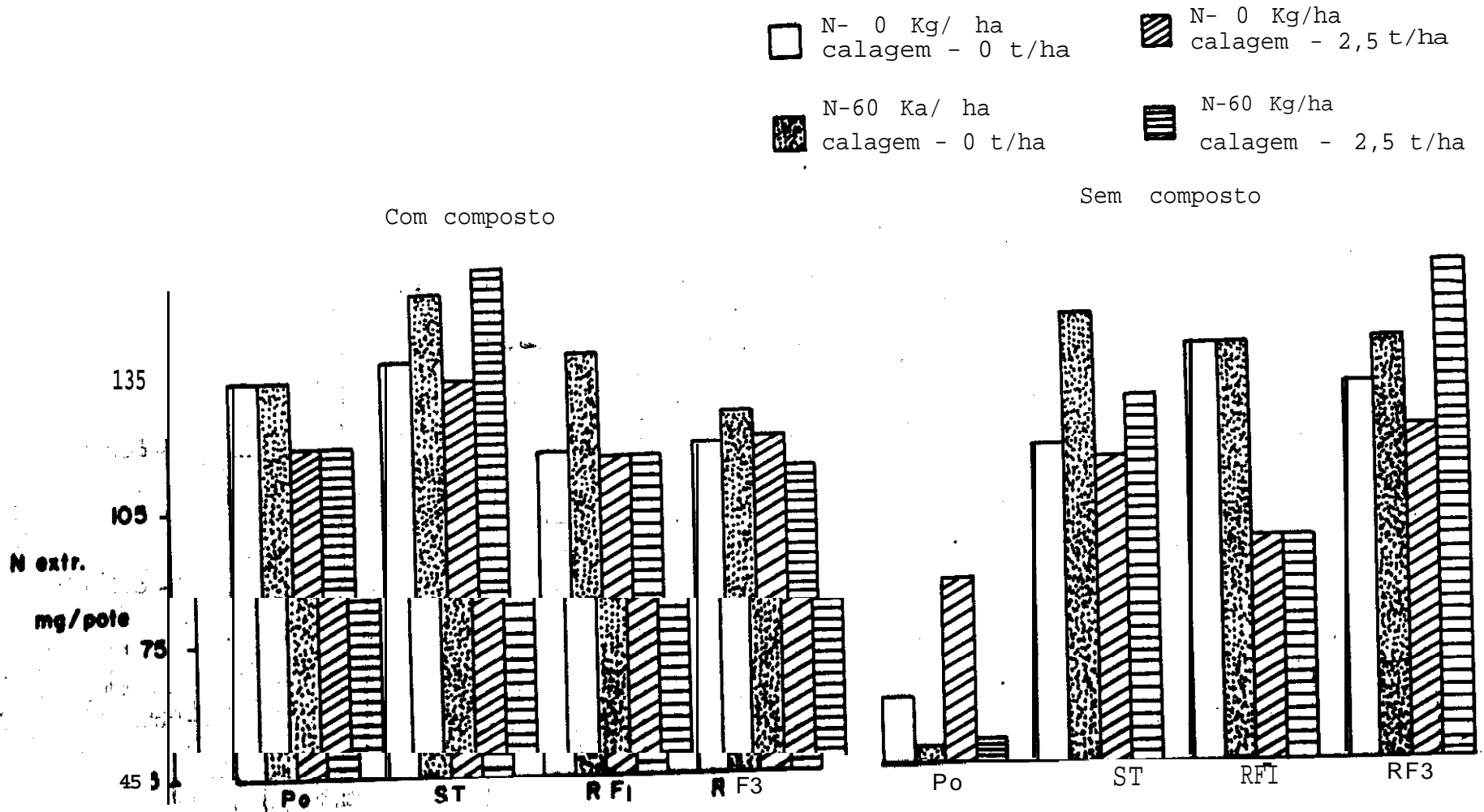


Fig. 9 Efeito dos tratamentos nitrogênio extraído pelas plantas, em mg/pote, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo RF1-150 kg P/ha RF3-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

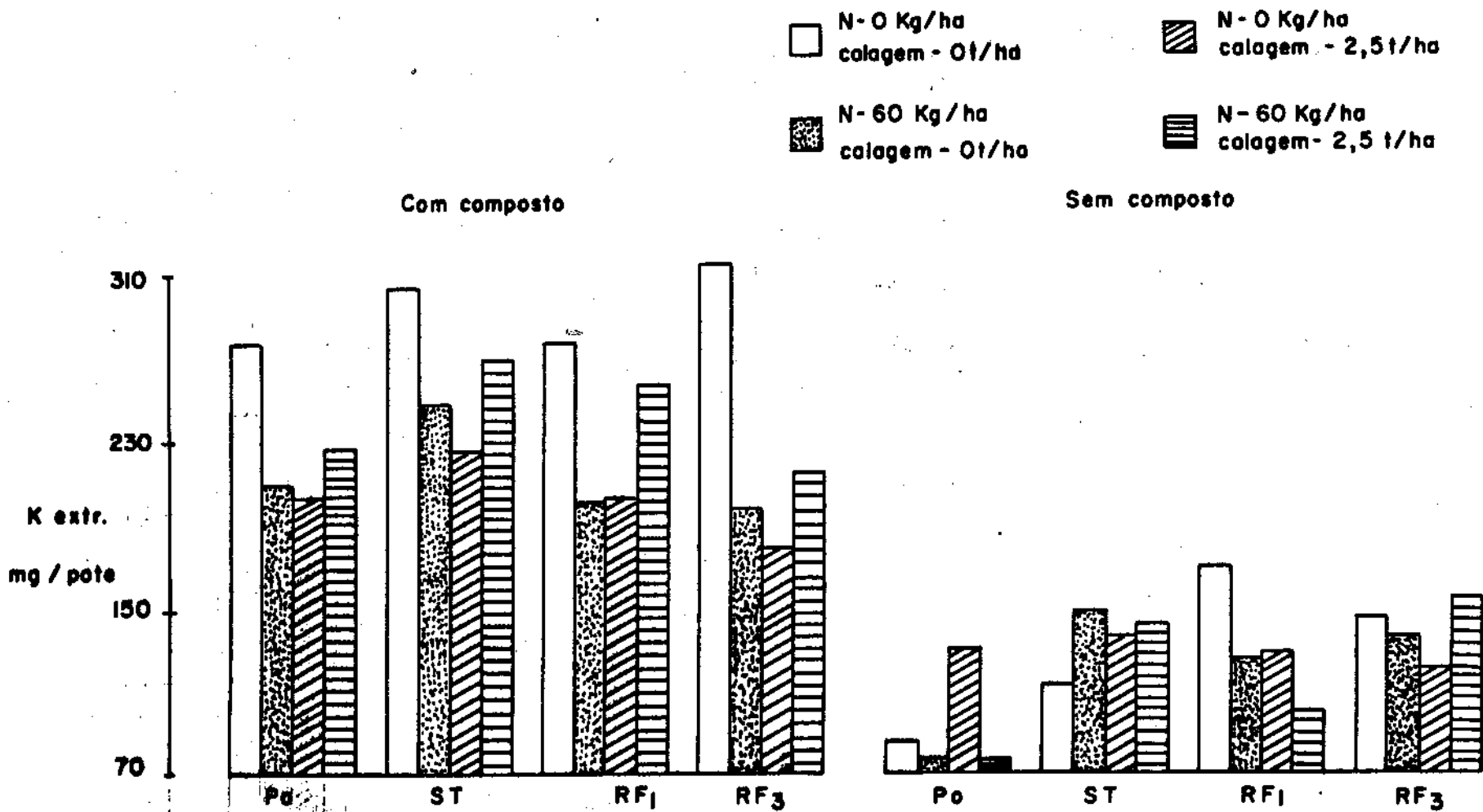


Fig. 10. Efeito dos tratamentos no potássio extraído pelas plantas, em mg/pote, onde Po-0 kg P/ha; ST-150 kg P/ha como superfosfato triplo; RF₁-150 kg P/ha e RF₃-450 kg P/ha como fosfato de araxá.

LITERATURA CITADA

- ABRUNA, F.; VICENTE-CHANDLER, J. & PEARSON, R.W. Effects on liminy on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil proprieties under humid tropical conditions. Soil Sci. Amer. Proc. 28:657-661, 1964.
- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. John Willey and son Inc. N.Y. 1965, 467 pp.
- AMARASIRI, S.L. & OLSEN, S.R. Liming as related to solubility of P and plant growth the in an acid tropical soil. Soil. Sci. Amer. Proc. 37:761-721. 1973.
- ASLUING, H.C. The lime and phosphate potenciales of soils: the solubility and avaibility of phosphorus. Roy.Vet. Ayr.Coll. Copenhagen. Den. Yearbook 1-50, 1954.
- BAUER, F.C. Relation of organic matter and feeding power of plants to utilization of rock phosphate. Soil Sci. 12:21-41. 1921.

- BENGTSON, G.W. & CORNETTE, J.J. Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: Effects on soil and trees. *J. Environ. Quality*, 2:441-444. 1973.
- BESLEY, H.E. & REED, C.H. Urban waste management. *J. Environ. Quality*. 1:78-81, 1972
- BRADDLEY, D.B. & SIELING, D.H. Effect of organic anions and sugar on the phosphate precipitation by iron and aluminium as influence by pH. *Soil Sci.* 76: 175, 1953.
- BRAUN, R. Effect of compost on plant and soil. In *Eighth International Congress of Public Cleansing, Viena, 1964.*
- CABRERA, F. & TALIBUDEEN, O. Effect of soil pH and organic matter on labile aluminium in soil under permanent grass. *J. Soil.Sci.* 28:259-270, 1977.
- CLARK, J.S. & NICHOL, W.E. The lime potencial, percent base saturation relations of acid surface horizons of mineral and organics soils. *Can. J. Soil Sci.* 46:281-285, 1966.
- COPELAND, O. L. & MERKLE, F.G. Influence of certain soil treatment upon the fixation and availability of applied phosphates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 6:321-327, 1942.

- DALTON, J.D., RUSSEL, G.C. & SIELING, D.H. Effect of organic matter on phosphate availability. Soil Sci. 73:173-181, 1952.
- DEANS, L. & RUBINS; E.G. Anion exchange in soil. Soil Sci. 63:377-387, 1947.
- EIRA, A.F. & CARVALHO; P.C.T. A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo e sua influência nas variações do pH. Rev. Agric. 45:15-21, 1970.
- EL-BARUN, B. & OLSEN, S.R. Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. Soil Sci. 128:219-225, 1979.
- ELWART, P.C. Variation, in content of polycyclic in soil and plant by using municipal waste composition agriculture. In proceedings of a Symposium Braunscheweing sept, 291-298, 1976.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro. 1979.
- E.P.A. Composting of municipal solid waste in United States U.S. Environmental Protection Agency. Washigton, D.C., 1971.

EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime respose as related to percent Al saturation, solution Al on organic matter content. Soil Sci. Am.Proc. 34:893-896, 1970.

FRANS, M. Large scale composting in the Soviet Union. Compost Science, 5:19-20, 1964.

FULLER, W.H., CARPENTER, E.W. & L'ANNUNZIATA, M.F. Evaluation of municipal waste compost for greenhouse potting purposes. Compost Sci. 8:22-26, 1967.

GAINSVILLE MUNICIPAL WASTE CONVERTION AUTHORITY, Inc. Gainsville Compost Plant, An Interin Report" U.S. Department of Health Education and Welfare, Cincinnati, 1969, 345 p.

GERRETSEN, F.C. Influence of microrganisms on the phosphate in intake by the plant. Plant & Soil 1:51-81, 1948.

GIORDANO, P.M., MORTVEDT, J.J. & MAYS, D.A. Effects of municipal wastes on crop yields and uptake of hearvy metals. J. Environ. Quality, 4:394-399, 1975.

HILKENBAEUMER, F. Experiences on the use of compost in fruti-culture. In Proceedings Second International Congress IRGRD. Germany, 1962 pp 1-13.

HISLOP, J. & COOKE, I.J. Anion-exchange resin as a mean of assessing soils phosphate status. A Laboratory Technique Soil Sci. 105:8-11. 1966.

HORTENSTINE, C.C. & ROTHWELL, D.F. Evaluation of composted municipal refuse as plant nutrient source and soil amendment on Leon fine Sand. Proc. Soil Crop. Sci. Soc. Fla. 29:312-319, 1969.

HORTENSTINE, C.C. & ROTHWELL, D.F. Use of municipal compost in reclamation of phosphat-mining sand tailings. J. Environ. Quality 1:415-418, 1972.

HORTENSTINE, C.C. & ROTBWELL, D.F. Pelletized municipal refuse compost as a soil amendment and nutrient source for sorghum. J. Environ. Quality 2:441-444, 1973.

HOYT, P.B. & TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soil on pH, aluminium, exchangeable NH_4 , and crop yields. Soil Sci. 119:227-237, 1975.

HUNT, P.G., HORTENSTINE, C.C. & ENO, C.F. Direct and indirect effects of compost municipalrefuse on plant seed germination. Proc. Soil Crop. Sci. Soc. Fla. 32:92-95, 1973a.

- HUNT, P.G., HORTENSTINE, C.C. & SMART, G.C. Responses of plant parasite saprophitic nematode populations to composted municipal refuse. *J. Environ. Quality* 2:264-266, 1973b.
- HUQ, M. & CORNFIELD, A.H. -Effects of treating a soil at three pH levels, with diferents compost on nutrient uptake by ryegrass in pot culture test. *Pakist. J. Soil Sci.* 2:31-36, 1968.
- INDEL, G.X. Effect of increasing amount of townrefuse slag and yields and trace elements content of wheat. *Landwirtschaftlche Forschung* 28/1:353-357, 1973.
- INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE FOR WASTE DISPOSAL. Methods of analysis of sevage sluge, solid waste and compost. Switzerland. 1978.
- KORTELEVEN, J. Experiments with town refuse compost II. Rapport Institut Voor Bodem - Vruchtbaarheid Haren-Groningem, 1970. 121 pp.
- KURTZ, T., DETURK, E.E. & BRAY, R.H. Phosphate adsorption by Illionois soil. *Soil Sci.*, 61:11-124, 1946.
- LAWTON, K. & DAVIS, J.F. The effect of liming on the utilization of soil and fertilizers phosphorus by several crop

grown on acid organic soil. Soil Soc. Amer. Proc. 20:522-526, 1956.

LIEBHARDT; W.C. & KOSKE, T.J. The lead content of various plant species as affected by cycle-like humus. Communications in Soil Science and Plant Analysis 5:85-92, 1974.

LIDSAY, W.L. & MORENO, E.C. Phosphate equilibrio in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:177-182, 1960.

LOPEZ-HERNANDEZ, D., FLORES, D., DIERGERT, G.R. & RODRIGUES, J.V. The effect of some organic anions on phosphate removal from acid and calcareous soil. Soil Sci. 128:321-326, 1979.

MACLEAN, A.J. & COOK, R.L. Effect of soil reaction on the availability of phosphorus for alfalfa in some Eastern Ontario soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:311-314, 1955.

MANTELL, C.L. Solid waste. Origin, collection processing and disposal. New York, Willey, 1975. 1127 p.

MAYS, D.A., TERMAN, G.L. & DUGGAN, J.C. Municipal compost: effects on crop yields and soil properties. J. Environ Quality 2:89-90, 1973.

MENKE, G. & GROSSMAN, F. Effect of refuse compost on plant

pathogens. Z. Pflkrankh Pflschutz 78:75-84, 1974.

MIKI, K. & MORI, T. Effects of incorporated organic matter such as compost, raw straw, clover-grass residues and lucerne residues on the fertility of mineral soil. Bull. Tokaikiuki natn. Agric. Exp. Stn 17, 44-58, 1968.

MITCHELL, H.L. Microdetermination of nitrogen in plant tissue J. of AOAC 55:1, 1972.

MORTENSEN, J.L. Compleing of metals by soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27:179-186, 1963.

MURRMANN, R.P. & PEECH, M. Effect of pH labile and soluble phosphate in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:205-210, 1969.

NELLER, .J.R. Effect of lime on availability of phosphate in Rutlege fine sand and Marlboro and Carnegie fine loams Soil Sci., 75:103-108, 1953.

OLSEN, R.J., HENDSLER, R.F. & ATTOE, O.J. Effect of manure application, aeration, and soil pH on soil nitrogen transformation and oncerta~in soil test values; Soil Sci. soc. Amer. Proc., 34:222-225, 1970.

- PARRÁKOVÁ, E., MÜLLER, W. & STRAUCH, D. Hygienic and microbiological investigations with "Vitahum" compost. Zentbl. Bakt. Parasitkde Abt II, 125:307-321, 1970.
- PARSA, A.A. & LINDSAY, W.L. Plant value of Zn in organic waste Iranian of Agric. Research. 1:60-71, 1972.
- PAVONI, J.L., HEER, J.E. & HAGERTZ, D.J. Hand-book of Solid waste disposal: Material and energy recovery. New York, Van Nostrand Reinhold, 1975. 549 p.
- PURVES, D. & MACKENZIE, E.D. Phitotoxicity due to baron in municipal compost. Plant Soil. 40:231-235, 1974.
- RIBEIRO, J.F. Solubilização de apatita em vinhaça. Tese de Mestrado. Departamento de Solos, UFRRJ, 92 p, 1979.
- SANTIAGO, P. The role of organic matter in the inhibition of aluminium toxicity in an ultisol. M.S. Thesis, Cornell Univ. Ithaca. N.Y. 1972.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas de plantas: Departamento de Química, Setor de Nutrição de Plantas. E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1974. 56 p.

- SCHNTZER, M. & SKINNER, S.I.M. Organic-metabolism interactions in soils: 1. Relations between a number of metal ions and the organic matter of a podzal Br horizon, Soil Sci. 98:197-203, 1963.
- SHOOP, G.J., BROOKS, C.R., BLASER, R.E. & THOMAS, G.W. Differential responses of grasses and legumes to liming and phosphorus fertilization. Agron. J. 53:111-115, 1961.
- SINGH, B.B. & JONES, J.P. Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil as affected by organic residues. Soil Sci. Am. J. 40: 389-394, 1976.
- SMITH, T.J. & SANCHES, P-A. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. Soil Sci. Soc. Am. 44:500-505, 1980.
- STELLY, M. PIERRE, W.H. Forms of inorganics phosphorus in the C horizon of some Iowa soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 7:139-147, 1943.
- STRUTHERS, P.H. & SIELING; D.H. Effect of organic anion on phosphate precipitation by iron and aluminium as influence by pH. Soil Sci. 69:205-213,, 1950.
- SWENSON, R.M., COLE, C.V. & SIELING, P.H. Fixation of phospho-

te by iron and aluminium and replacement by organic and inorganic ions. Soil Sci. 67:3-32, 1949.

TAYLOR, A.W. & GURNEX, E.L. The effect of lime on the phosphate potential and resin extractable phosphate in five acid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:489-483, 1965.

TERMAN, G.L. & MAYS, D.A. Utilisation of municipal solid waste compost: Research results at Muscle Shoals, Alabama: Compost Sci. 14:18-21, 1973.

TERMAN, G.L.; SOILEAN, J.M. & ALLEN, S.E. Municipal waste compost: Effects on crop yields and nutrient content in greenhouse pot experimental. J. Environ. Quality, 2, 84-89, 1973.

THOMAS, G.W. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminium in acid soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:591.; 1975.

TIETJEN, C. & HART, S.S. Compost for agricultural land? J. of Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineer, 95 (SA2) 269-287, 1969;

TV- 27246A - Cooperative Project Agreement, Joint U.S. Public Health Service - Tennessee Valley Authority Composting Pro-

ject, Johnson City, Tennessee, Feb. 1966.

VASCONCELLOS, C.A., BRAGA, J.M., NOVAIS, R.F. & PINTO, O.C.B.
Fósforo em dois latossolos do Estado de Mato Grosso. Expe-
rimental 18:257-285, 1974.

VLAMIS, J. & WILLIAMS, D.E. Utilisation of municipal organic
waste as agriculture fertilizers. Compost Sci. 13:26-28,
1972.

WAKSMAN, S.A. Humus. The Willians and Wilkins Co. Baltim.
1938.

WASKMAN, S.A. & RENZER, H.W. Origin of the uronic acids in
humus of soil, peat and compost. Soil Sci. 33-135-151. 1932.

WEBBER, L.R. Incorporation of Nonsegregated, Noncomposted solid
waste and soil physical properties. J. Environ, Qual.,
7:397-400, 1978.

WILKEY, J.S., GARTRELL, F.E. & SMITH, H. "Concept and design
of the joint USPHS-TVA Composting, Project, Johnson City,
Tennessee". Compost Sci. 7:11-14, 1966.

6. APÊNDICE

Tabela 1. Efeito dos tratamentos no pH do solo, sendo N_0 -0 kg N/ha, N_1 -60 kg N/ha, C_0 -0 t de calcário/ha e C_1 -2,5 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N_0C_0	N_1C_0	N_0C_1	N_1C_1	Média
30	Po	5,13	5,37	6,10	6,27	5,72
	ST	5,07	5,37	6,07	6,03	5,63
	RF1	5,17	5,30	6,00	6,23	5,67
	RF3	5,20	5,30	6,07	6,30	5,72
	média	5,14	5,33	6,06	6,21	
0	Po	4,73	4,93	5,53	5,77	5,24
	ST	4,57	4,77	5,40	5,57	5,07
	RF1	4,70	4,80	5,47	5,70	5,17
	RF3	4,63	4,83	5,40	5,57	5,11
	média	4,66	4,83	5,50	5,75	(0,06)

Médias

	Composto Nitrogênio Calagem			Fósforo	
Com	5,48	5,51	5,84	Po- 5,48	RF1- 5,42
Sem	5,15	5,33	4,99	ST- 5,35	RF3- 5,41
	(0,03)	(0,03)	(0,03)		(0,04)

DMS global a 5% - 0,10

Os números entre parêntese representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 2. Efeito dos tratamentos no Al trocável no solo, mE/100 cm³ de solo, sendo N₀-0 kg N/ha, N₁-60 kg N/ha, C₀-0 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	0,36	0,16	0,00	0,00	0,13
	ST	0,33	0,16	0,00	0,00	0,12
	RF1	0,26	0,16	0,00	0,00	0,11
	RF3	0,26	0,20	0,00	0,00	0,12
	média	0,31	0,17	0,00	0,00	
0	Po	1,16	0,86	0,10	0,10	0,56
	ST	1,40	0,93	0,10	0,10	0,63
	RF1	1,16	0,86	0,10	0,10	0,56
	RF3	0,96	0,73	0,10	0,10	0,47
	média	1,17	0,85	0,10	0,10	(0,05)

Médias

Composto	Nitrogênio Calagem		Fósforo	
Com	0,12	0,28	Po- 0,34	RF1- 0,33
Sem	0,55	0,39	ST- 0,38	RF3- 0,29
	(0,02)	(0,02)		(0,03)

DMS global a 5% - (0,10)

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 3. Efeito dos tratamentos no Ca trocável no solo, em mE/100 cm³ sendo N₀-0 kg N/ha, N₁-60 kg N/ha, e C₀-0 t de calcário/ha

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	2,03	2,06	3,10	3,46	3,46
	ST	2,36	1,96	3,23	3,90	3,90
	RF1	2,16	1,96	3,43	3,43	3,43
	RF3	2,46	2,23	3,70	3,50	2,97
	média	2,26	2,06	3,37	3,57	
0	Po	0,73	0,53	1,96	1,90	1,28
	ST	0,76	0,60	1,90	2,13	1,35
	RF1	0,90	1,06	2,06	2,20	1,56
	RF3	1,36	1,16	2,20	2,50	1,80
	média	0,94	0,84	2,04	2,18	(0,10)

Médias

	Composto	Nitrogênio	Calagem	Fósforo	
Com	2,81	2,16	2,78	Po- 1,97	RF1- 2,15
Sem				ST- 2,70	RF3- 2,39
	(0,051)	(0,05)	(0,05)		(0,07)

DMS global a 5% - (0,20)

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 4. Efeito dos tratamentos no Mg trocável do solo mE/100 cm³ de solo, sendo N₀-0 kg N/ha, N₁-60 kg N/ha, C₀-0 t de calcário/ha e C₁-2,5 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	0,60	0,63	1,40	1,20	0,95
	ST	0,93	0,50	1,36	1,56	1,09
	RF1	1,10	0,63	0,90	1,03	0,92
	RF3	0,90	0,70	0,83	1,36	0,95
	média	0,88	0,62	1,12	1,29	
0	Po	0,60	0,50	1,46	1,20	0,94
	ST	1,00	0,66	1,36	1,00	1,00
	RF1	0,90	0,33	1,10	1,06	0,85
	RF3	0,73	0,40	1,36	1,16	0,92
	média	0,80	0,47	1,32	1,10	(0,14)

Médias

	Composto Nitrogênio Calagem			Fósforo	
Com	0,98	0,87	1,21	Po- 0,95	RF1- 0,88
Sem	0,93	0,93	1,03	ST- 1,05	RF3- 0,93
	(0,07)	(0,07)	(0,07)		(0,29)

DMS global a 5% - 0,29

Os números entre parênteses, representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 5. Efeito dos tratamentos no K trocável do solo, em ppm, sendo N_0 -0 kg N/ha, N_1 -60 kg N/ha, C_0 -0 t de calcário/ha e C_1 -2,5 t de calcário/ha

Composto (t/ha)	Fósforo	N_0C_0	N_1C_0	N_0C_1	N_1C_1	Média
	Po	31,66	32,66	35,33	43,66	35,83
	ST	31,00	32,33	31,00	37,33	32,92
30	RF1	34,00	27,33	31,33	45,00	34,42
	RF3	31,33	21,33	38,33	42,00	34,75
	média	32,00	29,92	34,00	42,00	
	Po	23,00	31,00	21,33	23,66	24,75
	ST	16,00	21,33	21,00	13,00	17,83
0	RF1	12,00	19,33	19,66	17,00	17,00
	RF3	14,33	11,66	14,66	12,00	13,12
	média	16,34	20,84	19,17	16,42	(3,34)

Médias

	Composto	Nitrogênio	Calagem	Fósforo	
Com	34,80	21,29	27,90	Po- 30,29	RF1- 25,70.
Sem	21,12	25,37	24,17	ST- 25,37	RF3- 23,95
	(1,67)	(1,67)	(1,67)		(2,36)

DMS global a 5% - 6,68

Os números entre parênteses, representam ,a DMS a 5% entre as médias

Tabela 6. Efeito dos tratamentos no fósforo extraído com Carolina do Norte, em ppm, sendo N_0 -0 kg N/ha, N_1 -60 kg N/ha, C_0 -0 t de calcário/ha e C_1 -2,5 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N_0C_0	N_1C_0	N_0C_1	N_1C_1	Média
30	Po	5,00	6,33	6,33	5,66	5,83
	ST	11,33	9,66	16,00	12,33	12,33
	RF1	26,66	19,00	27,00	26,00	24,66
	RF3	66,66	74,33	111,66	78,66	83,33
	média	21,42	27,33	40,75	30,66	
0	Po	1,00	0,33	1,33	1,00	0,91
	ST	2,33	4,66	7,33	4,66	4,75
	RF1	11,33	14,33	26,00	18,66	17,58
	RF3	67,00	54,66	13,33	50,00	61,25
	média	20,42	18,50	27,00	18,58	(4,47)

Médias

Composto		Nitrogênio	Calagem	Fósforo	
Com	31,54	23,77	29,25	Po- 3,37	RF1- 21,12
Sem	21,12 (2,23)	28,89 (2,23)	23,42 (2,23)	ST- 8,54	RF3- 72,29 (3,16)

DMS global a 5% - 8,94

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 7. Efeito dos tratamentos no fósforo extraído pelo método da resina, em ppm, sendo N₀- 0 kg N/ha, C₀-0 t de calcário/ha e C₁-2,5 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	3,80	3,10	1,80	1,20	2,47
	ST	7,70	6,00	4,03	3,66	5,35
	RF1	5,53	4,96	4,96	2,20	4,42
	RF3	9,36	9,36	6,83	1,23	6,70
	média	6,60	5,85	4,40	2,07	
0	Po	1,50	1,50	0,53	0,80	1,08
	ST	3,00	2,90	2,70	2,80	2,85
	RF1	4,50	6,10	3,00	1,80	3,85
	RF3	10,06	17,63	13,03	7,40	12,03
	média	4,77	7,04	4,82	3,20	(1,10)

Médias

	Composto	Nitrogênio	Calagem	Fósforo	
Com	4,73	4,54	3,62	Po-1,78	RF1-4,13
Sem	4,95	5,15	6,06	ST-4,10	RF3-9,36
	(0,55)	(0,55)	(0,55)		(0,78)

DMS global a 5% - 2,20

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 8. Efeito dos tratamentos no peso seco (g/pote), sendo No-0 kg N/ha, N₁-60 kg N/ha, Co-0 t de calcário/ha e C₁-2,5 t de calcário/ha

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	6,89	7,01	6,17	4,75	6,21
	ST	8,40	9,17	7,70	7,94	8,30
	RF1	6,51	7,86	6,10	4,74	6,30
	RF3	7,32	7,38	5,98	4,74	6,35
	média	7,28	7,86	6,49	5,54	
0	Po	2,38	2,23	3,51	1,82	2,49
	ST	7,71	7,88	7,04	6,25	7,22
	RF1	9,87	7,76	5,37	3,72	6,68
	RF3	8,27	10,09	6,55	6,55	7,96
	média	7,06	6,99	5,62	4,68	(0,70)

Médias

	Composto	Fósforo	Calagem	Fósforo	
Com	6,79	6,27	5,58	Po- 4,34	RF1- 6,49
Sem	6,09	6,61	7,29	ST- 7,76	RF3- 7,16
	(0,35)	(0,35)	(0,35)		(0,50)

DMS global a 5% - 1,42

Os números entre parênteses representam a DMS, a 5% entre as médias

Tabela 9. Efeito dos tratamentos no nitrogênio extraído, em mg/pote, sendo N_0 -0 kg N/ha, N_1 -60 kg N/ha, C_0 -0 t de calcário/ha e C_1 -2,5 t de calcário/ha

Composto	Fósforo (t/ha)	N_0C_0	N_1C_0	N_0C_1	N_1C_1	Média
30	Po	133	134	118	120	126
	ST	138	153	134	158	146
	RF1	117	139	115	116	122
	RF3	118	125	120	113	119
	média	127	138	122	127	
0	Po	60	49	87	50	62
	ST	115	144	112	126	125
	RF1	138	138	95	94	116
	RF3	127	139	118	154	135
	média	110	118	104	107	(14)

Médias

	Composto	Nitrogênio	Calagem	Fósforo	
Com	128	122	115	Po- 94	RF1-119
Sem	110	116	123	ST-135	RF3-127
	(7)	(7)	(7)		(10)
DMS	global a 5%	- 28			

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 10. Efeito dos tratamentos no fósforo extraído, em mg/pote, sendo N₀-0 kg N/ha, N₁-60 kg N/ha, Co-0 t de calcário/ha e Cl-2,5 t de calcário/ha

Composto (t/ha)	Fósforo	N ₀ C ₀	N ₁ C ₀	N ₀ C ₁	N ₁ C ₁	Média
30	Po	36	32	32	29	33
	ST	35	44	42	38	40
	RF1	37	37	33	31	35
	RF3	37	32	39	23	33
	média	37	37	37	31	
0	Po	8	8	16	8	10
	ST	34	36	44	36	37
	RF1	43	39	30	19	33
	RF3	44	45	27	31	37
	média	33	32	29	23	(5)

Médias

Composto	Nitrogênio			Fósforo			
	Calagem						
Com	35	31	30	Po-	21	RF1-	34
Sem	29	34	35	ST-	39	RF3-	35
	(2)	(2)	(2)				(3)

DMS global a 5% - 5

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias

Tabela 11. Efeito dos tratamentos no potássio extraído, em mg /po te, sendo N_0 -0 kg/ha, N_1 -60 kg N/ha, C_0 -0 t de calcário/ha e C_1 -2,5 t de calcário/ha.

Composto (t/ha)	Fósforo	N_0C_0	N_1C_0	N_0C_1	N_1C_1	Média
	Po	278	208	203	226	229
	ST	305	248	223	273	262
30	RF1	277	199	203	256	234
	RF3	315	196	180	213	266
	média	294	213	203	242	
	Po	86	77	129	76	92
	ST	111	148	136	142	134
0	RF1	169	123	127	99	130
	RF3	144	136	122	155	139
	média	129	128	121	118	(21)

Médias

	Composto	Nitrogênio Calagem		Fósforo	
Com	238	174	173	Po- 160	RF1- 182
Sem	124	188	189	ST- 198	RF3- 183
	(10)	(10)			(15)

DMS global a 5%

Os números entre parênteses representam a DMS a 5% entre as médias.