

EFEITOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOBRE O CRESCIMENTO DO ARROZ  
(*Oryza sativa* L.) E PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

VICENTE LÍVIO ROCHA GIFFONI

---

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM AGRONOMIA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE  
PLANTAS COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

UFC/BU/BCT 03/11/1997



R673188  
C382663  
T631.4

Efeitos da materia organica  
sobre o cres

G388e

FORTALEZA - 1987

T  
631.4  
G388e  
1997  
ex.1

CATIVO  
CEARÁ  
AGIA

Esta Dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Setorial de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

0

---

VICENTE LÍVIO ROCHA GIFFONI

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 05 / 02 / 87

---

Prof. FERNANDO FELIPE FERREYRA H., Doutor  
Orientador

---

Prof. JOSÉ WELSON ESPÍNDOLA FROTA, Ph. D.

---

Prof. MARDÔNIO AGUIAR COELHO, Ph. D.

---

Prof. BOANERGES FREIRE DE AQUINO, Ph. D.

Aos meus pais FRANCISCO e MARIA, pela dedicação e exemplo de vida e aos meus irmãos: JANDER, ROSA, MARTA, FRANCISCO, REGINA, RAIMUNDO e VIVIANE.

À FRANCINEIDE, minha esposa, pelo apoio e dedicação durante estes anos.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

À Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural de Rondônia (EMATER-RO), à Secretaria de Agricultura do Estado de Rondônia e ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) pela minha liberação para realização do Curso e deste trabalho.

Aos convênios BNB/FCPC - Utilização de adubos alternativos em substituição aos fertilizantes químicos e FINEP/FCPC - Estudos sobre salinidade do solo, pelo suporte financeiro da pesquisa.

Ao Professor FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNANDEZ pelo apoio e orientação dos trabalhos de dissertação e pela revisão dos originais dados durante toda a realização do presente trabalho.

Ao Professor JOSÉ NELSON ESPÍNDOLA FROTA pelas sugestões do tema da pesquisa, ajuda prestada na implantação do experimento e revisão dos originais.

Aos Professores MARDÔNIO AGUIAR COELHO e BOANERGES FREIRE DE AQUINO, pelas sugestões e revisão dos originais.

Aos demais Professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de

Plantas pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas deste e de outros cursos desta Universi  
dade, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em especial o Sr. ANTÔNIO LUIZ DE OLIVEIRA, pela ajuda na realização das análises laboratoriais.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE QUADROS</u> .....	viii
<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	x
<u>RESUMO</u> .....	xi
<u>ABSTRACT</u> .....	xiii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	3
2.1 - <u>Influência da matéria orgânica na produtividade das culturas</u> .....	3
2.2 - <u>Influência da matéria orgânica sobre propriedades químicas e físicas do solo</u> .....	7
2.3 - <u>Matéria orgânica e recuperação de solos afetados por sais</u> .....	13
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	22
3.1 - <u>Solo</u> .....	22
3.2 - <u>Cultura</u> .....	22
3.3 - <u>Procedimento Experimental</u> .....	24
3.3.1 - <u>Tratamentos</u> .....	24
3.3.2 - <u>Condução do Experimento</u> .....	25
3.3.3 - <u>Parâmetros Avaliados</u> .....	29

	Página
3.4 - <u>Métodos de Análises</u> .....	29
3.4.1 - Análises de Solo .....	29
3.4.2 - Análise dos Materiais Orgânicos .....	31
3.4.3 - Análise do Teor de Nutrientes na Planta ....	31
3.5 - <u>Delineamento Estatístico</u> .....	31
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	33
4.1 - <u>Efeito da matéria orgânica no crescimento do arroz</u> .....	33
4.2 - <u>Efeito da matéria orgânica no teor de nutrientes da palha do arroz</u> .....	46
4.3 - <u>Efeito da matéria orgânica sobre propriedades físicas e químicas do solo</u> .....	50
5 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	63
6 - <u>LITERATURA CITADA</u> .....	65

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Propriedades físicas e químicas da camada de 0 -20 cm do solo Aluvial Vértico Halomórfico da Fazenda Experimental Vale do Curu .....	23
2	Tratamentos utilizados no experimento e respectivas quantidades de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas .....	26
3	Teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio; relação C/N e umidade dos materiais orgânicos empregados no experimento .....	27
4	Características da água de irrigação usada no experimento .....	28
5	Efeito de fontes e níveis de aplicação de resíduos orgânicos sobre alguns parâmetros de crescimento do arroz .....	34
6	Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na palha do arroz .....	47
7	Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio contidos na palha do arroz .....	48
8	Algumas propriedades químicas do solo após o cultivo do arroz .....	51

## QUADRO

## Página

9	Teores de matéria orgânica, estabilidade de agregados e retenção de umidade do solo após o cultivo do arroz .....	58
---	---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Relação entre produções de grãos e palha de arroz adubado com diferentes fontes de resíduos orgânicos .....	40
2	Incremento de produção de grãos por cada 25g de resíduos orgânicos aplicados em três níveis .....	41
3	Incremento de produção de grãos por grama de nitrogênio aplicado nas diversas fontes e níveis de resíduos orgânicos .....	45

## RESUMO

Quatro resíduos orgânicos, esterco de bovino, esterco de galinha, esterco de caprino e bagana de carnaúba, foram utilizados com o objetivo de estudar seus efeitos no cultivo do arroz e nas propriedades físicas e químicas do solo Aluvial Vértico, sódico (*Vertic Torrifluvent*) em casa de vegetação. Os tratamentos constaram de três níveis 25, 50 e 100g de resíduos orgânicos/vaso e mais três adicionais: gesso mais NPK, adubação NPK e testemunha, totalizando 15 tratamentos. Os resultados mostraram que o esterco de galinha foi o resíduo orgânico que mais influenciou o desenvolvimento da cultura do arroz, sendo a produção de grãos e palha os parâmetros que mais se destacaram na avaliação das diferenças entre as fontes e os níveis estudados, apresentando valores de 2 a 4 vezes superiores aos produzidos pelas demais fontes, que seguiram a ordem: esterco de caprino, esterco de bovino e bagana de carnaúba. As concentrações de N, P, K, Ca e Mg na palha, praticamente não mostraram diferenças entre os tratamentos e a testemunha. Todos os resíduos orgânicos e o gesso causaram uma ligeira redução no pH do solo após o cultivo, em relação à testemunha e ao tratamento NPK. Na condutividade elétrica e na percentagem de sódio trocável não foi possível detectar diferenças entre fontes e níveis. Os teores de P e K disponíveis do solo, após o cultivo, em todos os tratamentos, foram superio-

res ao da testemunha e também observou-se um aumento no teor de matéria orgânica do solo à medida que aumentou-se o nível de aplicação, no entanto não foram observadas diferenças na capacidade de troca de cãtions. Os valores da estabilidade de agregados e do conteúdo de água a 1/3 de atm aumentaram com a aplicação de resíduos orgânicos e com os níveis, ao passo que o conteúdo de água retida a 15 atm não apresentou diferenças entre fontes nem entre níveis, com resultados semelhantes à testemunha.

## ABSTRACT

Four organic residue, cattle, poultry and sheep manure and "carnaúba" straw were used in an experiment under greenhouse conditions, using a Vertic Aluvial soil, to evaluate the yield of rice plants and to study the effects on the soil properties.

A completely randomized design was used with 15 treatments (3 levels of manures, NPK, gypsum + NPK and control). The highest yield was obtained in the poultry manure treatment, followed by sheep, cattle and "carnaúba". The concentrations of nutrients, N, P, K, Ca and Mg in the plants were not effected by the treatments. There was a decrease in the soil pH but no difference was observed in the electric conductivity and exchangeable sodium in soil after the growth period.

The available P and K and the percentage of organic matter increased in relations to the control, however the CEC was not affected. There were increases in amount of water at 1/3 atm but not at 15 atm.

## 1 - INTRODUÇÃO

O uso de matéria orgânica como fonte de nutrientes para as plantas, é prática recomendada desde a antiguidade. Os resíduos orgânicos quando aplicados em doses adequadas contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, constituindo-se atualmente em alternativa viável para as áreas ocupadas por pequenos produtores, onde normalmente são encontrados na propriedade, reduzindo os custos com adubação.

De maneira geral são muitos os efeitos propiciados pela matéria orgânica sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Assim, a matéria orgânica influi de maneira acentuada para sua melhoria, sendo de grande importância a alta capacidade de troca de cátions que apresenta, influenciando na regulação do pH através do aumento do poder tampão. A matéria orgânica contém na sua composição uma grande diversidade de nutrientes, que podem ficar disponíveis para as plantas através do processo de mineralização. Também como resultado da decomposição da matéria orgânica por microrganismos são formados compostos orgânicos que favorecem a formação de agregados estáveis, melhorando a estrutura e aumentando conseqüentemente a porosidade, capacidade de retenção de água, drenagem e a circulação de ar do solo; atenua a variação da temperatura do solo; diminui a plasticidade e coesão, aspectos importantes em solos com alto conteúdo de argila.

A matéria orgânica também tem sido usada para reduzir os efeitos prejudiciais dos sais na produção das culturas, principalmente por seu efeito na melhoria das propriedades físicas do solo. A melhoria da permeabilidade do solo favorece a eliminação do excesso de sais que afeta a absorção de água pelas plantas, assim como, a lixiviação ou complexação de possíveis íons tóxicos. Por outro lado, o cálcio e magnésio resultantes da mineralização da matéria orgânica podem contribuir na redução do excesso de sódio trocável.

O presente trabalho objetiva estudar o efeito de quatro resíduos orgânicos sobre algumas propriedades físicas e químicas de solo aluvial sódico e sobre o desenvolvimento do arroz cultivado sob inundação.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Influência da matéria orgânica na produtividade das culturas

A utilização de adubos orgânicos como fonte de nutrientes para as plantas, é prática recomendada desde a antiguidade. Há 400 anos A.C. os historiadores já afirmavam que não existia nada tão bom quanto o esterco para as culturas. Na Roma antiga havia uma classificação de estercos quanto a capacidade de suprimento de nutrientes para as plantas. Em ordem decrescente foram relacionados os estercos provenientes de excrementos de galinha, homem, suíno, caprino, ovino, bovino e equino (MALAVOLTA, 1959).

Os estercos quando aplicados em doses adequadas apresentam efeitos positivos sobre o rendimento das culturas, devido ao suprimento de nutrientes neles contidos. Independentemente da origem, a utilização de esterco sempre produz efeitos positivos e quando combinado com fertilizantes minerais compete eficazmente com a adubação mineral isolada. CARVALHO (1986), trabalhando com adubos orgânicos e minerais individuais e associados em solo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico com sorgo forrageiro em condições de casa de vegetação, encontrou que o esterco de galinha foi o que proporcionou a melhor resposta, seguido de esterco de

bovino e em último lugar bagana de carnaúba, quando associada do adubo orgânico e mineral o esterco de galinha também apresentou a melhor resposta. COPE et alii (1958), testando a aplicação de esterco de equinos 12,3 t/ha (base seca) em solo franco-arenoso, num período de 18 anos, encontraram uma elevação nos rendimentos de milho e algodão da ordem de 19 e 10%, respectivamente, em relação a aplicação de nitrogênio mineral (58 kg/ha/ano) e de 312 e 447% respectivamente em relação às testemunha. Estes pesquisadores concluíram que cada tonelada de esterco aplicada produziu o equivalente a 5,6 kg de N no cultivo do algodão e 5,2 kg de N no de milho.

Uma preocupação constante de pesquisadores é quanto a dose de esterco a aplicar ou qual a combinação esterco-adubo mineral é a mais produtiva. HERRON & ERHART (1965), relatam dados de experimento desenvolvido em solo calcário franco-siltoso, com a cultura do sorgo, em regime de irrigação. Foram testadas doses crescentes de esterco de bovino, até 49,4 t/ha (22% de umidade), doses de N- ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) de até 134,4 kg/ha e a combinação dos mesmos tratamentos. As doses de esterco foram aplicadas apenas no primeiro ano e seu efeito residual avaliado por quatro anos. Os máximos rendimentos de sorgo foram obtidos com a combinação de tratamentos nas doses mais elevadas, sendo o esterco mais eficiente nos acréscimos de produtividade, por cada incremento sucessivo na dose. O efeito residual do nível máximo de esterco elevou os rendimentos de sorgo em cerca de 125% no primeiro ano e 60% no quarto ano, em relação a testemunha sem adubo.

No período de quatro anos, os rendimentos acumulados de sorgo produzidos por uma tonelada de esterco, foram equivalentes aos obtidos com 10 kg de nitrogênio.

Com relação aos rendimentos propiciados por doses de esterco em diferentes solos, existem comprovações de que a dose ideal é variável com a textura do solo. VITOSH et alii (1973), conduzindo trabalhos durante oito anos usando esterco de bovino de corte (73% de umidade) no cultivo de milho em solos de textura média argilosa e de textura arenosa, concluíram que para o primeiro solo a dosagem ótima para a máxima produção de grãos corresponde a 44,8 t/ha, enquanto que para o segundo é de apenas 22,4 t/ha. Nesse estudo todos os tratamentos foram associados com 11, 20 e 37 kg/ha de N, P e K, respectivamente. A explicação destes resultados fundamenta-se possivelmente na menor capacidade de troca de cátions dos solos arenosos. No solo arenoso, ao ocorrer a mineralização de elementos, os pontos de troca são mais rapidamente saturados e a maioria dos nutrientes fica na solução do solo, prontamente disponível às plantas. Desta maneira a aplicação de altas dosagens de esterco poderá provocar a perda de nutrientes por lixiviação.

É conhecido que o esterco quando usado em sistema de rotação de cultura torna-se mais eficiente. DUBETZ et alii (1975) mencionaram resultados de 16 anos de pesquisas em solo chernozem bruno escuro, com quatro ciclos rotacionais constando de milho doce-trigo-beterraba-beterraba. Os tratamentos compreendem 66 kg de N/ha/ano, 27 t/ha/ciclo rotacional de esterco em base seca e a combinação de ambos,

com e sem incorporação de resíduos vegetais. Chegaram à conclusão que cada tonelada de esterco aplicado nos três últimos ciclos ocasionou um acréscimo de 422 kg nos rendimentos de beterraba. A combinação de tratamentos aumentou em 53% os rendimentos de beterraba na primeira fase. O milho não respondeu ao esterco isoladamente, no entanto este aumentou o teor de matéria orgânica, N, P e K do solo.

Aplicações de níveis crescentes de esterco de bovinos de corte foram empregadas no cultivo de milho em três Alfi-sols de textura siltosa a silto-argilosa por HAGHIRI et alii (1978). Os pesquisadores constataram que do ponto de vista de maximização do uso de nutrientes pelas plantas e qualidade da água do lençol freático, é mais recomendável a aplicação de esterco em dosagens menores que 50 t/ha/ano do que altas dosagens a cada 2 - 3 anos. O número de microrganismos nitrificadores aumentou diretamente com os níveis de esterco aplicados, atingindo um máximo de  $10^3$  a  $10^4$ /g de solo. A população de desnitrificadores foi consistentemente mais alta só no nível máximo, 316 t/ha, chegando até  $10^6$ /g de solo.

MATHERS & STEWART (1974) trabalhando com milho em solo franco-argiloso e doses de esterco de bovino de até 224 t/ha em base úmida, durante três anos consecutivos, encontraram que os rendimentos de milho produzidos por 22, 45 ou 112 t/ha, não diferiram em nenhum ano, concluindo que a dose mais baixa supriu adequada quantidade de nutrientes para o máximo rendimento de milho e boa qualidade da silagem.

A utilização de esterco de aves em doses crescentes

(até 224 t/ha) e adubação mineral (284,5 a 186 kg/ha de N, P e K) foram utilizadas por LIEBHARDT (1976), por três anos consecutivos, no cultivo de milho em solo franco-arenoso com alto teor de fósforo. O autor verificou que somente dois anos após as aplicações os rendimentos de milho superaram a testemunha. O efeito residual da adubação mineral foi inferior ao efeito residual das aplicações de 22 t/ha de esterco, não sendo observadas diferenças nos efeitos residuais entre as doses de esterco.

MUGWIRA (1979), assegura que a quantidade de esterco a ser aplicada ao solo deve ser regulada de acordo com as necessidades de nitrogênio das culturas. Desse modo, evitam-se as perdas de N por lixiviação de nitratos e a contaminação do lençol freático. O autor relata que o esterco aplicado desse modo fornece ainda um adequado suprimento de potássio e que contínuas aplicações têm elevado o fósforo disponível do solo a níveis mais altos que os exigidos pelas culturas. BAKER & CHESNIN (1975) relatam que nos Estados Unidos as recomendações para aplicação de esterco são normalmente ajustadas de acordo com o teor de N do material e a necessidade da cultura.

## 2.2 - Influência da matéria orgânica sobre propriedades químicas e físicas do solo

De maneira geral são muitos os efeitos propiciados

pela matéria orgânica sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. No que diz respeito às propriedades químicas do solo, a matéria orgânica influi de maneira acentuada para sua melhoria, sendo de grande importância a alta capacidade de troca de cátions que apresenta, influenciando na regulação do pH através do aumento do poder tampão; certos compostos orgânicos têm a capacidade de formar complexos com íons metálicos, principalmente alumínio, contribuindo para uma melhor disponibilidade de fósforo às plantas; aumenta a troca aniônica, especialmente fosfatos e sulfatos e participa nos processos pedogenéticos do solo (RAIJ, 1983 e FASSBENDER, 1984). Pode ainda a matéria orgânica conter na sua composição uma grande diversidade de nutrientes, sendo o nitrogênio, o fósforo e o enxofre encontrados em maiores quantidades, ficando os mesmos disponíveis para as plantas através do processo de mineralização (PRIMAVESI, 1980). Alguns pesquisadores têm encontrado que aplicações de elevadas doses de esterco às vezes podem causar danos às plantas por aumento da salinidade e por formação de compostos que inibem e danificam o sistema radicular das culturas. LUND (1978), trabalhando com esterco de bovino de leite com doses de 70 e 140 t/ha, (base úmida) e adubação mineral nas culturas de milho e centeio, verificou uma inibição no desenvolvimento radicular para a dosagem mais alta de esterco distribuída em camadas. As diferenças nos rendimentos de massa seca foram mínimas entre as doses de esterco, porém os rendimentos com esterco foram superiores a adubação mineral (112 e 93 kg/ha de N, P e K). SHORTALL &

LIEBHARDT (1975), trabalhando em solo Typic Ochraquults clayey mixed mesic, com doses crescentes de esterco de aves aplicados por três anos, concluíram que para aquele solo não devem ser aplicadas quantidades superiores a 56 t/ha/ano. Os autores justificam que doses maiores elevaram a condutividade elétrica a valores superiores a 4 mmhos/cm diminuindo os rendimentos de milho. LIEBHARDT (1976), garante que os excessos de salinidade são provocados principalmente pelo potássio, como sugerido pela alta correlação entre a condutividade elétrica e o potássio solúvel. Ainda o citado pesquisador indica que a concentração de sais foi grandemente reduzida pelas chuvas de inverno e que o decréscimo do potássio solúvel em água influenciou fortemente para a diminuição da salinidade total. Após três anos de aplicação de esterco na dose de 22 t/ha/ano, foram verificados acréscimos da ordem de 300, 50 e 18% respectivamente para P, K e Ca + Mg. Não houve mudança no pH que permaneceu em torno de 5,9. No que diz respeito a condutividade elétrica resultados semelhantes aos de SHORTALL & LIEBHARDT (1975) e LIEBHARDT (1976) são indicados por WEIL et alii (1979) no cultivo de milho em solo franco-argiloso. Este pesquisador encontrou que a população de milho foi reduzida em cerca de 64%, em relação à testemunha, com aplicações de 110 t/ha/ano de esterco de aves durante cinco anos, atribuindo esta redução ao efeito de altas concentrações de sais solúveis combinados a altos níveis de nitritos e amônia. MATHER et alii citados por BAKER & CHESNIN (1975), encontraram que com aplicações de esterco acima de 24,7 t/ha os sais danificaram as

plantas, especialmente durante a germinação no princípio do verão, problema que não foi observado com suficiente precipitação pluviométrica ou irrigação.

ADRIANO et alii (1973) realizaram trabalhos com esterco de bovino, em base seca e úmida, em doses de até 448 t/ha objetivando avaliar os efeitos na germinação e emergência das culturas de rabanete, espinafre, cevada e capim sudão. Com esterco fresco, na dose de 112 t/ha, não houve germinação de sementes, exceto cevada, acima desta dose nenhuma germinação foi observada, nem mesmo na cevada. Nas doses superiores a 112 t/ha a condutividade elétrica atingiu valores superiores a 8,5 quando foi aplicado esterco seco, e ultrapassou 10,5 quando aplicado esterco fresco. O pH aumentou de 7,5 para 8,2 na dose mais elevada de esterco seco. Estes pesquisadores atribuíram os danos à germinação e emergência, ao elevado teor de sais na solução do solo e a concentrações tóxicas de  $\text{NH}_3$  na atmosfera do solo. Aumentos de pH são também confirmados por MUGWIRA (1979) em solo franco-siltoso ao encontrar que, após três aplicações anuais de 22,5 t/ha de esterco de bovino, o pH elevou-se de 5,5 para 6,5. TIBAU (1978), em experimento de campo utilizando esterco de curral (48 t/ha) e calcário dolomítico (1 t/ha) para correção da acidez do solo, indica que após 12 semanas de aplicação, o pH do solo foi de 4,5, 5,8, 5,4 e 6,3 para os tratamentos testemunha, esterco de curral, calcário dolomítico e esterco mais calcário, respectivamente.

Consideráveis perdas de Nitrogênio ocorridas por volatilização de  $\text{NH}_3$  e desnitrificação foram observadas por

MATHERS & STEWART (1974) quando aplicaram altas dosagens de esterco, em ensaio com níveis de até 224 t/ha em base úmida, em solo franco-argiloso. Os referidos autores verificaram que na camada de 0 a 15 cm de solo os aumentos de matéria orgânica foram mais ou menos proporcionais às doses de esterco utilizadas após três anos de aplicações. Abaixo de 30 cm a matéria orgânica do solo praticamente não variou. A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo aumentou de 25,3 para 29,8 meq/100g de solo, com a aplicação de 22 t/ha/ano durante os três anos. WEIL & KROONTJE (1979a) ao aplicar esterco de aves em solo franco-siltoso cultivado com milho, encontraram que aplicações de 110 t/ha/ano durante cinco anos elevou a matéria orgânica da camada arável de 2,6 para 5,5% e estimaram que cerca de 93% da matéria orgânica contida no material adicionado foi oxidada ou removida do sistema no referido período.

HAAS et alii (1961), estudando o efeito da cultura e aplicação de esterco em amostras de solo de 15 estações experimentais e 21 fazendas dos Estados Unidos sobre o conteúdo de fósforo nos solos, encontraram que o fósforo total diminuiu em média 8% por cultivo sem aplicação de esterco e aumentou 14%, em relação ao solo virgem, quando o esterco foi aplicado. O fósforo inorgânico não foi influenciado pelas culturas em rotação quando não foi aplicado esterco, no entanto, o fósforo orgânico foi reduzido em torno de 35% quando comparado com os solos virgens. O esterco aumentou expressivamente o fósforo solúvel em  $\text{NaHCO}_3$ , alcançando valores 5 vezes superiores ao solo original. HERRON & ERHART

(1965), constataram um aumento do fósforo solúvel em solo calcário franco-siltoso da ordem de 1 ppm por tonelada de esterco de bovino aplicado.

Os efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades físicas também são diversos, assim, estes materiais orgânicos favorecem a formação de agregados estáveis, melhorando a estrutura e aumentando conseqüentemente a porosidade, capacidade de retenção de água, drenagem e a circulação de ar na zona radicular; atenua a variação da temperatura do solo; diminui a plasticidade e coesão, aspectos importantes em solos com um alto conteúdo de argila (BAVER et alii, 1973 e FASSBENDER, 1984).

HAFEZ (1974), estudou a eficiência de esterços de bovino de corte e leite, aves, suínos, equinos e ovinos, em doses de até 200 t/ha em base seca, sobre várias características físicas em solo franco-arenoso. Os resultados mostraram que esterços de bovinos foram mais eficientes do que de aves, para o decréscimo da densidade do solo e que a umidade a 1/3 de bar aumentou em torno de 4 vezes com esterco de aves e de 6 a 8 vezes para os demais esterços, nas doses mais elevadas. A percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5 mm aumentou significativamente em todos os esterços, com exceção do esterco de suínos. O referido pesquisador afirma ainda que a fibrosidade do material é o fator mais importante na indução de melhorias na agregação de partículas do solo, densidade e condutibilidade hidráulica. Trabalhando com esterco de aves em solo franco-argiloso por um período de cinco anos WEIL & KROONTJE (1979b) também ve-

rificaram influência significativa na diminuição da densidade do solo, aumento no conteúdo de umidade e no total de agregados estáveis em água. GUTTAY et alii (1956), conduzindo trabalhos durante 17 anos, em solo de textura franca, com adubação verde e esterco (24,7 t/ha) combinados e isolados, aplicados em diferentes períodos, utilizando aveia mais cevada, alternada com feijão branco, beterraba ou milho, onde todos os plantios receberam adubação mineral de manutenção segundo as recomendações para a região, encontraram que os melhores resultados foram conseguidos com aplicação a cada 2 anos da combinação esterco mais adubo verde, os quais foram superiores à testemunha em 14 dos 17 anos estudados. Os macroagregados estáveis em água com diâmetro maior que 0,5 mm, foram favorecidos com um aumento da ordem de 61% com a utilização da combinação esterco mais adubo verde.

### 2.3 - Matéria orgânica e recuperação de solos afetados por sais

Os sais afetam o desenvolvimento das plantas através: a) da concentração total de sais solúveis (efeito osmótico), impedindo a absorção de água da solução do solo, b) de efeitos de íons específicos ou toxicidade nos diversos processos fisiológicos das plantas e c) indiretamente através do efeito do íon sódio nas propriedades do solo. O excesso de sódio trocável pode dispersar o solo causando

problemas na infiltração da água, aeração e penetração das raízes (BRESLER et alii, 1982). Para eliminar ou reduzir estes efeitos adversos, são diversos os métodos existentes: físicos, biológicos, elétricos, químicos e hidrotécnicos.

Os métodos físicos consistem em dar um tratamento mecânico ao solo. Segundo RASMUSSEN et alii (1972), o cultivo em profundidade, a aração profunda e a subsolagem podem ser usados para a alteração radical do perfil do solo. O aumento da profundidade de revolvimento pode melhorar as condições físicas e químicas dos solos, criando assim, condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas (UNGER, 1970; ECK & DAVIS, 1971; RASMUSSEN et alii, 1972). A efetividade destes métodos na recuperação de solos afetados por sais, depende da mistura de materiais calcários, argilosos ou gipsíticos, quando presentes no subsolo, com materiais dos horizontes superiores que promova condições físicas mais favoráveis para o movimento da água e proporcionar uma fonte de cálcio para substituição do sódio trocável no perfil (RASMUSSEN & McNEAL, 1973). CARY & RASMUSSEN (1979), observaram que o revolvimento do perfil de um solo franco-siltoso facilitou o aprofundamento do sistema radicular das culturas, melhorando as relações entre crescimento de plantas e disponibilidade de água. Testando o efeito de dois diferentes sistemas de preparo do solo associados a diferentes métodos de recuperação de solos, com problemas de sódio, sobre a produção de arroz, SILVA (1978), observou que a produção mais elevada foi conseguida no solo onde se procedeu ao tratamento de subsolagem e lavagem.

Os métodos biológicos se baseiam na incorporação de resíduos orgânicos ao solo e estabelecimento de plantas tolerantes aos sais, para propiciar melhoria na permeabilidade do solo. No processo de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos há liberação de uma série de compostos orgânicos, tais como polissacarídeos, que agregam o solo, aumentando sua permeabilidade. Por outro lado, durante o processo de decomposição, os microrganismos do solo liberam  $CO_2$ , o qual ao combinar-se com água forma ácido carbônico que pode solubilizar sais de cálcio precipitados. As plantas tolerantes, estabelecidas em solo salino, dificultam o acúmulo de sais na superfície do solo, pois impedem que a água do solo se evapore diretamente. Além disso, as raízes das plantas deixam pequenos condutos pelos quais a água circula melhor no solo. Também, a matéria orgânica libera nutrientes que estimulam o desenvolvimento das plantas e acelera o processo de recuperação (NAVARRO, 1979). A matéria orgânica coloidal é mais efetiva que a argila coloidal na estabilização dos agregados (DEMOLON & HENIN, 1932). QUIRK & PANNABOKKI, citados por QUIRK (1973) demonstraram que a matéria orgânica estabiliza os agregados do solo, melhorando a porosidade. DETTMANN & EMERSON citados por QUIRK (1973) notaram, em solos saturados com sódio, grande eficiência da matéria orgânica como agente cimentante. TISDALL et alii (1978) verificaram aumento na taxa de infiltração e na permeabilidade de um solo franco-arenoso com adição de matéria orgânica, o que consideram diretamente relacionado com a estabilidade de agregados. FREITAS et alii (1984) trabalhando

em condições de laboratório com palha de carnaúba, casca de arroz e feno de feijão de porco, nas doses de 30 t/ha com e sem aplicação de N, em solos salino-sódicos, observaram uma melhoria na condutibilidade hidráulica, velocidade de infiltração e estabilidade de agregados.

Segundo TIARKS et alii (1974), a utilização de esterco, principalmente o de bovinos, tem se constituído numa ajuda efetiva no processo de recuperação, especialmente quando combinado aos métodos químicos, e apontam como inconveniente a necessidade de grandes quantidades a serem aplicadas para que haja efeito pronunciado. Por outro lado, estes pesquisadores salientam que a aplicação de matéria orgânica na forma de esterco, contendo grandes quantidades de cátions monovalentes, pode afetar adversamente a estrutura do solo. MATIAS FILHO (1980), afirma que entre os resíduos de colheitas mais comuns que podem ser usados no processo de recuperação de solos no Nordeste estão, em primeiro lugar, os derivados de cana de açúcar, bem como a casca de arroz, palhas de carnaúba e gramíneas em geral. Ainda recomenda que no caso de utilizar-se palha ou bagaço, há necessidade de picá-los em pequenos pedaços antes de incorporá-los ao solo, eliminando dos mesmos os materiais lenhosos que por acaso contenham, e a adição de nitrogênio para acelerar sua decomposição.

Algumas culturas são frequentemente introduzidas como prática auxiliar dos métodos químicos e hidrotécnicos, e em casos especiais, têm sido responsáveis pela recuperação do solo. OVERSTREET et alii (1951); OVERSTREET et alii (1955)

e RICHARDS (1974), observaram que o crescimento de plantas exerce efeito benéfico nas propriedades de solos sódicos. A explicação mais comum para esse fenômeno é a de que maior quantidade de cálcio solúvel, ocorre em solos cultivados devido a uma maior solubilidade do  $\text{CaCO}_3$ , na presença do  $\text{CO}_2$  desprendido pelas raízes das plantas. GOERTZEN & BOWER (1958) e McNEAL et alii (1966), chegaram à conclusão que os efeitos benéficos do crescimento das plantas sobre a recuperação de solos sódicos resultam principalmente da ação física das raízes na melhoria da permeabilidade do solo e consequentemente da lixiviação. Para OVERSTREET et alii (1951), a retirada do sódio trocável de solos calcários é, algumas vezes, completada pelo cultivo de plantas tolerantes ou aplicação de resíduos orgânicos. A eficiência desses materiais é devida à produção de ácido carbônico através da respiração das raízes das plantas ou através da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo. Este processo de recuperação ganha importância à medida que a concentração do  $\text{CO}_2$  na atmosfera do solo aumenta, sendo no entanto um processo de recuperação bastante lento.

Quanto aos métodos elétricos, consistem em fazer passar uma corrente elétrica num dado volume de solo, através de eletrodos. A extração dos sais do solo é baseada no processo de eletromose, e a velocidade de extração depende: a) da diferença de potencial entre os eletrodos, b) da distância entre eles, c) das características do meio poroso e d) das características dos sais da solução. O método tem mostrado, experimentalmente, que é possível recuperar solos

salinos usando energia elétrica, porém, é de custo elevado, o que o inviabiliza para fins agrícolas (NAVARRO, 1979).

Os métodos químicos são usados fundamentalmente, na recuperação de solos sódicos e ocasionalmente salino-sódicos, e consistem em adicionar substâncias ao solo com a finalidade de solubilizar o cálcio existente ou adicioná-lo diretamente na forma solúvel, caso não exista, para propiciar a troca catiônica e substituição do sódio pelo cálcio no complexo de troca, com o fim de conseguir a floculação dos coloides do solo, proporcionando aumento no movimento da água e do ar no solo (ALPEROVITCH & SHAINBERG, 1973; NAVARRO, 1979 e MATIAS FILHO, 1980). O emprego dos diversos corretivos químicos existentes depende das características do solo, da velocidade desejada de recuperação, e das limitações econômicas ou custo no mercado por equivalente químico (RICHARDS, 1974 e PRATHER *et alii*, 1978). As substâncias comumente usadas agrupam-se em: (1) sais solúveis de cálcio, como o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) e gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ); (2) ácidos ou substâncias formadoras de ácidos, como o enxôfre (S), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ), sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) e polissulfeto de cálcio ( $\text{CaS}_5$ ); e (3) sais de cálcio de baixa solubilidade, como a calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e a dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) (PIZARRO, 1978 e NAVARRO, 1979).

Com relação a resposta dos solos com problemas de sódio a diversos tipos de corretivos, RICHARDS (1974), separa os solos em três grupos: (1) solos que contêm carbonatos de metais alcalino-terrosos; (2) solos que não contêm

carbonatos de metais alcalino-terrosos com pH maior que 7,5 e (3) solos que não contêm carbonatos de metais alcalino-terrosos com pH menor que 7,5. Os sais solúveis de cálcio e os ácidos ou formadores de ácidos podem ser usados em solos do primeiro grupo. Nos solos que não contêm carbonatos de metais alcalino-terrosos, não é recomendável usar ácidos ou formadores de ácidos, devido à redução do pH. Nos solos do último grupo pode-se utilizar a calcita e a dolomita, o que não é recomendável para o segundo grupo, já que a solubilidade desses corretivos é muito baixa em valores elevados de pH. Em uma solução saturada com  $\text{CaCO}_3$  de pH 6,21 a solubilidade do  $\text{CaCO}_3$  é de 19,3 meq/l, ao passo que em idêntica solução com pH 10,12 a solubilidade do  $\text{CaCO}_3$  é de 0,36 meq/l (RICHARDS, 1974 e PIZARRO, 1978).

A velocidade de reação dos sais de cálcio depende da solubilidade dos mesmos. O gesso por exemplo tem uma solubilidade em água pura de 30 meq/l, que varia com a composição da solução. Em solos sódicos com pH menor que 8,5 sua solubilidade pode ser de 35 a 40 meq/l. Com pH maior que 9,0 e em presença de  $\text{NaCO}_3$ , a solubilidade do gesso se reduz grandemente, dependendo do tamanho das partículas. O conteúdo de água do solo, a forma de aplicação e a pureza do produto também influenciam na velocidade de reação (MATIAS FILHO, 1980).

O gesso, devido a sua facilidade de aquisição e custo relativamente baixo é o corretivo mais comumente usado na recuperação de solos com problemas de sódio. No entanto, devido a sua baixa solubilidade, grandes quantidades de

água devem ser adicionadas ao solo para completa dissolução. Quando a condutibilidade hidráulica dos solos sódicos é muito baixa, pode implicar em aumento do tempo necessário para recuperação (OVERSTREET et alii, 1951; QUIRK & SCHOFIELD, 1955; ALPEROVITCH & SHAINBERG, 1973 e MAGDOFF & BRESLER, 1974). O gesso sendo incorporado ao solo antes da aplicação da água de lavagem proporciona completa dissolução ou reação (MAGDOFF & BRESLER, 1973).

Muitos trabalhos têm sido conduzidos com gesso, isolado ou associado a materiais orgânicos inertes acompanhados da aplicação de lâmina de água de variada magnitude. KELLEY, citado por McNEAL et alii (1966), observou que a aplicação de gesso produziu redução significativa no teor de sódio de um solo sódico. PADHI et alii (1965), testaram o efeito do gesso e fécula de batata e combinações desses corretivos sobre o movimento de água e remoção do sódio de solo solonétzico, observando melhores resultados com a aplicação de 8,0 t/ha de gesso e a combinação de 20,0 t/ha de gesso com 12,0 t/ha de fécula. ABROL & BHUMBLA (1973) chegaram à conclusão que a adição de gesso aumentou a eficiência de lixiviação dos sais em solo salino-sódico franco-argiloso.

Os métodos hidrotécnicos consistem em manejar a quantidade, a qualidade química e a forma de aplicação das águas disponíveis de modo a manter os sais solúveis e os íons trocáveis a níveis tais, que não afetem direta ou indiretamente o desenvolvimento das plantas (NAVARRO, 1979). Para recuperar solos sódicos, salinos e salino-sódicos por es

tes métodos, podem ser usadas águas disponíveis de diferentes fontes tais como canais, drenos e poços. A eficiência da lavagem depende da quantidade de água de percolação, da profundidade do lençol freático, da qualidade da água de lavagem, da permeabilidade e da concentração inicial de sais do solo (RICHARDS, 1974). Quando o solo apresenta permeabilidade extremamente baixa é difícil e às vezes impossível sua recuperação a custos permissíveis. Nestes casos um método que oferece possibilidade de aumentar e manter a condutibilidade dos solos é o emprego de águas de elevada concentração eletrolítica, para produzir efeito flocculante e manter uma permeabilidade substancialmente elevada, ao mesmo tempo o elevado conteúdo de sais da água pode servir como fonte de cátions divalentes para substituição do sódio (QUIRK & SCHOFIELD, 1955 e ALPEROVITCH & SHAINBERG, 1973).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos foi conduzido um experimento em casa de vegetação, do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici.

#### 3.1 - Solo

Foi utilizado um solo da área DS-2 oriundo da Fazenda Experimental Vale do Curu, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Município de Pentecoste, Ceará.

O solo pertence a uma unidade de solo Aluvial Vértico Halomórfico, classificado como salino-sódico (Vertic torrifluvent) por COELHO (1971), horizonte A fraco, textura argilosa. Para o experimento, foram coletadas amostras nas profundidades entre 0 - 20 cm.

As propriedades físico-químicas são apresentadas no QUADRO 1.

#### 3.2 - Cultura

QUADRO 1 - Propriedades físicas e químicas da camada de 0 -20 cm do solo Aluvial Vértico Halomórfico da fazenda experimental Vale do Curu.

Areia Total (2 - 0,05 mm)	Silte (0,05 - 0,002 mm)	Argila (< 0,002 mm)	Argila dispersa em água	Classificação textural	Grau de floculação	
(%)	(%)	(%)	(%)	Franco argilo Siltoso	(%)	
15	51	34	29		17	

Umidade		pH	CE a 25°C	Carbono orgânico	Nitrogênio total	Relação C/N	Matéria orgânica
1/3 atm	15 atm	(H <sub>2</sub> O 1:2,5)	(mmhos/cm)	(%)	(%)		(%)
----- (%) -----	-----						
34,8	15,1	7,10	2,0	1,02	0,10	10,2	1,76

P disponível	K disponível	Complexo Sortivo								PST
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	Al <sup>+++</sup>	T	
(ppm)	(ppm)	----- (meq/100 g) -----								(%)
31,0	108,0	12,32	4,32	0,38	2,59	19,61	0,00	0,00	19,61	13,20

A cultura utilizada no experimento foi o arroz, (*Oryza sativa* L.), cultivar IAC 47, safra 84/85. HECKLER & SILVA (1981) descreveram esta cultivar como de ciclo longo, 145 dias, possuindo resistência moderada a doenças e boa resistência à seca, bem como boa adaptabilidade a solos de baixa fertilidade. Foi lançada em 1971, pelo IAC, onde foi obtida do cruzamento IAC 1246 x IAC 1391.

### 3.3 - Procedimento Experimental

#### 3.3.1 - Tratamentos

O experimento constou de 15 tratamentos com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Doze tratamentos resultaram da combinação de 4 fontes de resíduos orgânicos (esterços de bovino, galinha, caprino e bagana de carnaúba), aplicados em três níveis: 25, 50 e 100 g/vaso cada um, que corresponderam respectivamente a 10, 20 e 40 t/ha e três tratamentos adicionais que consistiram em: (1) Aplicação de Gesso para substituir todo o sódio trocável do solo e adubação mineral com NPK; (2) Adubação mineral NPK e (3) Testemunha absoluta. Para tratamentos que receberam adubação mineral usou-se como fonte de NPK, o sulfato de amônio (21% N), superfosfato triplo (45%  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60%  $K_2O$ ). No tratamento que recebeu gesso, usou-se

CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O para análise.

A relação de tratamentos, assim como as quantidades de nutrientes (NPK) aplicadas, estão indicadas no QUADRO 2.

### 3.3.2 - Condução do Experimento

Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2 mm. Em seguida procedeu-se a pesagem de 5 Kg de solo, por unidade experimental, e colocados em sacos de polietileno preto com dois furos na base. A incorporação dos resíduos orgânicos e gesso foi efetuada de acordo com os tratamentos (QUADRO 2), tendo-se o cuidado de homogeneizar uniformemente com o solo. Posteriormente, o solo foi umedecido, (umidade equivalente a 1/3 de atm) ficando incubado durante 35 dias, decorridos os quais, transplantou-se para cada vaso 2 plântulas de arroz de 16 dias de idade. Durante todo o ciclo da cultura a irrigação foi efetuada diariamente de maneira a manter uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm. Utilizou-se água de poço da classe C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> (salinidade média e baixa sodicidade) segundo a classificação para água de irrigação do Departamento de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1974), não tendo portanto grandes restrições para seu uso na irrigação (QUADRO 4). Nos tratamentos com NPK mineral, a adubação foi fracionada em 2 doses iguais por ocasião do plantio e próximo à floração (40 dias). O cultivo foi mantido por 85 dias ocasião em que

QUADRO 2 - Tratamentos utilizados no experimento e respectivas quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas.

Tratamentos			Quantidade de Nutrientes		
Fontes		Doses	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		(g/vaso)	----- (g/vaso) -----		
Testemunha	(T)	0	0	0	0
Esterco de bovino	(EB- 1)	25	0,27	0,13	0,15
Esterco de bovino	(EB- 2)	50	0,54	0,26	0,30
Esterco de bovino	(EB- 3)	100	1,08	0,52	0,60
Esterco de galinha	(EG- 1)	25	0,56	0,81	0,30
Esterco de galinha	(EG- 2)	50	1,12	1,62	0,60
Esterco de galinha	(EG- 3)	100	2,24	3,25	1,20
Esterco de caprino	(EC- 1)	25	0,40	0,26	0,22
Esterco de caprino	(EC- 2)	50	0,80	0,52	0,44
Esterco de caprino	(EC- 3)	100	1,60	1,04	0,88
Bagana de carnaúba	(BC- 1)	25	0,32	0,10	0,17
Bagana de carnaúba	(BC- 2)	50	0,65	0,20	0,35
Bagana de carnaúba	(BC- 3)	100	1,30	0,40	0,70
Gesso 100%* + NPK	(G+NPK)	-	0,23	0,23	0,15
NPK	(NPK)	-	0,23	0,23	0,15

(\* ) Gesso 100% - Refere-se à quantidade de gesso equivalente a 100% do sódio trocável do solo.

QUADRO 3 - Teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio; relação C/N e umidade dos materiais orgânicos empregados no experimento.

Fontes	Umidade	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Relação C/N
	----- (%) -----				
Esterco de bovino	4,40	1,07	0,50	0,61	17,56
Esterco de galinha	17,18	2,23	3,25	1,21	8,99
Esterco de caprino	9,83	1,58	1,05	0,89	14,66
Bagana de carnaúba	7,10	1,30	0,39	0,70	38,33

QUADRO 4 - Características da água de irrigação usada no experimento.

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	CE a 25°C	pH	RAS	Classe <sup>(1)</sup>
-----mE/l-----							(mmhos/cm)				
0,58	1,00	0,10	1,48	0,00	0,70	2,26	-	0,35	6,9	1,66	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

(1) Classe de água para irrigação segundo o Departamento de Salinidade dos Estados Unidos.

procedeu-se à colheita.

### 3.3.3 - Parâmetros avaliados

No solo

No solo original foram realizadas as análises de caracterização completa do solo (QUADRO 1) e após o cultivo, em cada uma das unidades experimentais foi determinado: CE, pH, Cátions trocáveis, Fósforo e Potássio disponíveis, Matéria Orgânica, Estabilidade de Agregados e Umidade 1/3 e 15 atm.

Na planta

Na planta foi determinado: Altura de Plantas, Número de Perfilhos e Número de Panículas por ocasião da colheita; Peso de Panículas, Peso de Grão/Vaso, Peso de 100 Sementes a 105°C e Peso de Palha/Vaso. Na Palha foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg.

## 3.4 - Métodos de Análises

### 3.4.1 - Análises de Solo

Foram realizados no solo, segundo a metodologia recomendada pelo Manual de Métodos de Análise de Solo, EMBRAPA (1979), as seguintes determinações: Análise Granulométrica pelo método do densímetro; Umidade a 1/3 e 15 atm utilizando-se extratores de placa porosa; pH determinado em água na relação 1 : 2,5 potenciométricamente; Carbono Orgânico determinado volumetricamente pelo bicromato de potássio e titulado pelo sulfato ferroso amoniacal; a Matéria Orgânica foi calculada multiplicando-se o resultado do Carbono Orgânico pela constante 1,724; o nitrogênio total foi analisado pelo método de KJELDAHL, usando-se para digestão os sulfatos de sódio e de cobre, e determinado por volumetria após retenção do  $\text{NH}_3$  em ácido bórico e destilação a vapor; o fósforo assimilável foi determinado em extrato de  $\text{HCl}$  0,05N e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N, pelo método colorimétrico, utilizando-se o ácido ascórbico; os Cátions Trocáveis foram extraídos com acetato de amônio normal pH 7 descontando-se os cátions solúveis no extrato de saturação determinando-se o cálcio e cálcio + magnésio pelo método complexométrico e titulado com EDTA, estimando-se o magnésio pela diferença. Potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama (USDA, 1967). Valor T (capacidade de troca de cátions) obtida pela soma dos Cátions trocáveis; Porcentagem de Sódio Trocável (PST), calculada pela fórmula  $100 \cdot \text{Na}^+ / \text{T}$ ; Condutividade Elétrica (CE) determinada no extrato de saturação e medida em ponte salina solubridge (RICHARDS, 1974).

A estabilidade de agregados foi determinada pelo método descrito por PAULA et alii, (1982) utilizando-se no

umedecimento prévio pressão constante de 1,0 atm no atomizador e distância de 50 cm da amostra.

#### 3.4.2 - Análise dos Materiais Orgânicos

Foram realizadas as seguintes determinações: nitrogênio total pelo método do ácido salicílico; fósforo total pelo método do "Quimiociac" e potássio por fotometria de chama (LANARV, 1983), os resultados são mostrados no QUADRO 3.

#### 3.4.3 - Análise do Teor de Nutrientes na Planta

Na planta foram efetuadas as determinações de nitrogênio total pelo método de KJELDAHL, descrito por LOTT et alii (1956), em extrato nitroperclórico; o fósforo total foi determinado pelo método do Vanadato Molibdato, descrito por CHAPMAN & PRATT (1961), e o potássio por fotometria de chama. Cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

#### 3.5 - Delineamento Estatístico

A análise estatística foi feita para todas as variáveis de interesse, em duas partes. Na primeira parte foram analisadas as 4 fontes orgânicas juntamente com os 3 níveis e 3 repetições seguindo-se um modelo fatorial cruzado. Na segunda parte foram analisados os 15 tratamentos segundo um modelo totalmente aleatório.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - Efeito da matéria orgânica no crescimento do arroz

Os resultados médios para altura de plantas, número de perfilhos, número de panículas, peso de panículas, produção de grãos, peso de 100 sementes a 105°C e peso de matéria seca da cultura do arroz, para cada tratamento, são indicados no QUADRO 5. No mesmo quadro constam as diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey e os coeficientes de variação para cada um dos parâmetros acima citados.

As médias de altura de plantas apresentadas no QUADRO 5, mostram que apenas os tratamentos com esterco de galinha nos três níveis estudados, e esterco de bovino e esterco de caprino no maior nível (100g/vaso) diferiram da testemunha absoluta a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Comparando as diferentes fontes, verificou-se que o esterco de galinha apresentou a maior altura (média de 119,22 cm), diferenciando-se significativamente dos estercos de bovino, caprino e bagana de carnaúba, (médias de 102,00, 102,89 e 101,33 cm respectivamente) que estatisticamente foram semelhantes. Para os três níveis estudados dentro de cada fonte foi observada uma certa homogeneidade nas

BSCTH

QUADRO 5 - Efeito de fontes e níveis de aplicação de resíduos orgânicos sobre alguns parâmetros de crescimento do arroz.

Tratamentos		Altura de plantas (cm)	Número de Perfilhos(+)	Número de panículas(*)	Peso de panículas	Peso de 100 sementes 105°C	Produção de grão	Peso de palha	
Fontes	Níveis								
		(g/vaso)	(nº/vaso)	(nº/vaso)	----- (g/vaso) -----				
1-	Esterco Bovino	25	101,00abc <sup>(1)</sup>	4,67bc	4,00ab	2,49a	2,91bc	9,66abc	9,99abc
2-	Esterco Bovino	50	98,70ab	5,00bc	4,67bc	2,47a	3,01c	11,22bcde	10,65abc
3-	Esterco Bovino	100	106,33bc	5,33bc	4,33b	2,69b	2,99c	12,15cdef	12,81c
	Média		102,00A <sup>(2)</sup>	5,00A	4,33A	2,62A	2,97AB	11,01A	11,15A
4-	Esterco Galinha	25	116,33d	6,00cd	6,00cd	3,58c	2,92bc	21,00g	18,17d
5-	Esterco Galinha	50	118,00d	7,33d	7,33de	4,24d	3,02c	30,35h	24,07e
6-	Esterco Galinha	100	123,33d	9,67e	8,67e	5,09e	2,82ab	40,64i	34,56f
	Média		119,22B	7,67B	7,33B	4,40C	2,92A	30,67B	25,60B
7-	Esterco Caprino	25	97,70ab	5,00bc	5,00bc	2,55a	3,02c	12,30def	11,27bc
8-	Esterco Caprino	50	103,33abc	5,00bc	4,67bc	2,90b	2,98bc	13,12ef	11,21bc
9-	Esterco Caprino	100	107,70c	4,00ab	4,00ab	3,61c	3,08c	13,94f	11,24bc
	Média		102,89A	4,67A	4,55A	2,98B	3,03AB	13,12A	11,24A
10-	Bagana Carnaúba	25	102,33abc	4,00ab	4,00ab	2,47a	3,06c	9,49ab	9,08ab
11-	Bagana Carnaúba	50	101,70abc	4,67ab	3,67ab	2,79ab	3,08c	9,90bcd	9,31ab
12-	Bagana Carnaúba	100	100,00abc	5,00bc	4,67bc	2,37a	3,07c	10,74bcde	10,19abc
	Média		101,33A	4,55A	4,11A	2,53A	3,07B	10,04A	9,53A
Adicionais									
13-	Cesso + NPK	-	105,33abc	5,00bc	4,67bc	2,46a	3,00c	10,98bcde	10,97abc
14-	NPK	-	101,00abc	5,00bc	4,67bc	2,58a	3,04c	11,54bcdef	11,88bc
15-	Testemunha	-	97,33a	3,00a	3,00a	2,55a	2,74a	7,42a	7,75a
% CV - Fatorial			4,12	9,86	7,61	7,22	3,17	8,53	13,44
% CV - Aleatório			4,35	9,91	8,08	7,78	3,11	8,87	13,11

(1) Valores seguidos por letras minúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.

(2) Valores de médias seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.

(+) Análise de variância com dados transformados  $Y = \sqrt{N \cdot \text{perfilhos}}$ .

(\*) Análise de variância com dados transformados  $Z = \sqrt{N \cdot \text{panículas}}$ .

alturas das plantas, verificando-se diferenças apenas no esterco de caprino quando aplicado nos níveis 25 e 100g/vaso. Os tratamentos adicionais G + NPK e NPK não apresentaram diferenças em relação à testemunha e nem aos tratamentos que receberam esterco de bovino, caprino e bagana de carnaúba nos diferentes níveis. HOLANDA et alii (1972), trabalhando com adubação mineral em sorgo, com dosagens crescentes de NPK, verificaram em dois ensaios que não houve diferença estatística com relação à altura de plantas.

Com relação ao número de perfilhos à exceção dos tratamentos esterco de caprino na dose de 100g/vaso e bagana de carnaúba 25g/vaso, todos os demais tratamentos elevaram o número de perfilhos e diferiram estatisticamente da testemunha. À semelhança do observado com a altura de plantas, o esterco de galinha apresentou em média o maior número de perfilhos (7,67) diferenciando-se das demais fontes de resíduos orgânicos que tiveram em média o número de perfilhos estatisticamente iguais. No esterco de galinha o número de perfilhos aumentou significativamente à medida que incrementou-se o nível aplicado, fato que não foi observado nas demais fontes, que apresentaram médias iguais aos tratamentos adicionais G + NPK e NPK e superiores à testemunha.

No tocante ao número de panículas (QUADRO 5), verificou-se comportamento semelhante ao número de perfilhos, sendo que os tratamentos esterco de bovino no nível 25g/vaso, esterco de caprino no nível 100g/vaso e bagana de carnaúba nos níveis 25 e 50g/vaso não diferiram da testemunha a 5% de probabilidade. O esterco de galinha novamente apre-

sentou um comportamento superior aos demais esterco e aos adicionais. Neste parâmetro a análise de variância segundo o modelo fatorial apresentou interação fontes X níveis, para esterco de galinha e esterco de caprino; esta interação foi positiva para esterco de galinha, aumentando o número de perfilhos quando do aumento das dosagens e negativa para esterco de caprino, diminuindo o número de perfilhos com o aumento das doses aplicadas.

O maior peso médio de panículas foi apresentado pelo esterco de galinha seguido de esterco de caprino (4,40 e 2,98g/panícula) que apresentaram diferenças significativas entre si e com as fontes esterco de bovino e bagana de carnaúba que tiveram menores pesos (2,62 e 2,53g/panícula respectivamente). Quando comparados níveis iguais nas diversas fontes, nota-se que na dose de 25g/vaso, apenas o esterco de galinha apresentou peso de panículas estatisticamente superior à testemunha. Na dose 50g/vaso os esterco de galinha e de caprino e na dose de 100g/vaso os esterco de galinha, de caprino e de bovino apresentaram pesos médios de panículas estatisticamente superiores à testemunha. Nos três níveis de bagana de carnaúba e nos tratamentos adicionais G + NPK e NPK os pesos de panículas foram semelhantes à testemunha. A análise de variância também mostrou significativa a interação entre fontes de matéria orgânica e níveis aplicados, verificando-se uma tendência a aumentar o peso de panículas com o aumento das doses aplicadas dentro das fontes estudadas, com exceção da bagana de carnaúba que no nível mais alto (100g/vaso) apresentou uma redução no peso.

O aumento do peso de panículas com a dosagem foi mais expressivo no esterco de galinha seguido do esterco de caprino, apresentando diferenças estatísticas entre os três níveis aplicados em ambas as fontes. No esterco de bovino o peso obtido na maior dosagem diferenciou-se das menores doses que foram inferiores e semelhantes ao da testemunha, já a bagana de carnaúba não apresentou diferenças entre níveis.

Entre todas as características estudadas, o peso de 100 sementes foi a que apresentou menor variabilidade (CV = 3,11%), com pesos que variaram de 2,74 a 3,08g correspondendo a 12% de diferença entre valores extremos. Mesmo assim, verificou-se que os tratamentos apresentaram diferenças significativas em relação à testemunha, com exceção do esterco de galinha na dose de 100g/vaso que apesar de possuir a maior produção não diferenciou-se da testemunha, com produção inferior. Não foram observadas diferenças entre os níveis dentro das fontes orgânicas e dos tratamentos que receberam G + NPK e NPK. O menor peso de 100 sementes observado na maior dose de esterco de galinha, pode ser atribuído à presença de grãos imaturos por ocasião da colheita devido ao alongamento no período vegetativo provocado pela elevada quantidade de nitrogênio aplicada neste tratamento (QUADRO 2). O baixo peso dos grãos na testemunha é explicado pela presença dos grãos chochos, para o qual deve ter contribuído a deficiência de nutrientes, uma vez que este tratamento não recebeu nenhuma adubação.

Com relação a produção de grãos (QUADRO 5), todos os

tratamentos apresentaram maior produção que a testemunha, sendo que apenas esterco de bovino e bagana de carnaúba nível (25g/vaso) não se diferenciaram estatisticamente. A análise de variância mostrou uma interação significativa entre fontes X níveis, observando-se uma tendência geral de incremento na produção com os aumentos das doses de matéria orgânica independentemente da fonte. O esterco de galinha foi o tratamento que forneceu a maior produção, aumentando-a de 183 a 448% em relação à testemunha, destacando-se das outras fontes de matéria orgânica e dos tratamentos que receberam gesso e NPK mineral. No esterco de caprino os incrementos ficaram entre 66 a 88%, no de bovino entre 30 a 64% e na bagana de carnaúba entre 28 a 45%, já nos adicionais G + NPK e NPK esse incremento foi de 48 e 56% respectivamente.

O peso da palha teve comportamento similar ao peso de grãos em todos os tratamentos utilizados. A análise estatística mostrou que os tratamentos à exceção de esterco de bovino (25 e 50g/vaso), bagana de carnaúba nos três níveis e Gesso + NPK, diferiram da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, indicando também interação significativa entre fontes X níveis. Nos três níveis de esterco de galinha o peso de palha foi de 2 a 4 vezes superior ao produzido pelas demais fontes. Resultados que estão de acordo com os obtidos por FARIAS et alii (1977), estudando doses crescentes de esterco de bovino e cama de galinha em sorgo forrageiro. Os tratamentos Gesso + NPK e NPK mineral proporcionaram resultados semelhantes aos obtidos com o emprego

de esterco de bovino e de caprino, sendo ligeiramente superiores aos tratamentos com bagana de carnaúba. Quando comparados o peso de palha com a produção de grãos verifica-se que as produções foram proporcionais, mantendo-se uma relação grão : palha em torno de 1,0 na maioria dos tratamentos, observando-se um aumento nesta relação para valores entre 1,15 e 1,26 nos tratamentos que receberam esterco de caprino e esterco de galinha, onde a produção de grãos foi maior (FIGURA 1).

Pelos resultados dos parâmetros analisados (QUADRO 5), cujos aspectos mais relevantes foram referidos anteriormente, verifica-se que o esterco de galinha foi a fonte que mais positivamente influenciou o crescimento do arroz. Em seguida vieram os esterco caprino, bovino e bagana de carnaúba, nesta ordem, que também influenciaram positivamente o crescimento, embora os seus incrementos não tenham sido tão relevantes como o apresentado pelo esterco de galinha, como pode deduzir-se da FIGURA 2, que relaciona o incremento na produção de grãos para peso constante de resíduos orgânicos (25g) nos três níveis aplicados. Estes resultados concordam com os indicados por MALAVOLTA (1959) e CARVALHO (1986) ao classificar por ordem de importância no abastecimento de nutrientes os diversos materiais orgânicos. Certamente para esse comportamento tem contribuído o teor de nutrientes presentes nos materiais orgânicos e sua facilidade de mineralização para transformação dos nutrientes em formas disponíveis para as plantas.

De acordo com BAKER & CHESNIN (1975) e MUGWIRA (1979),

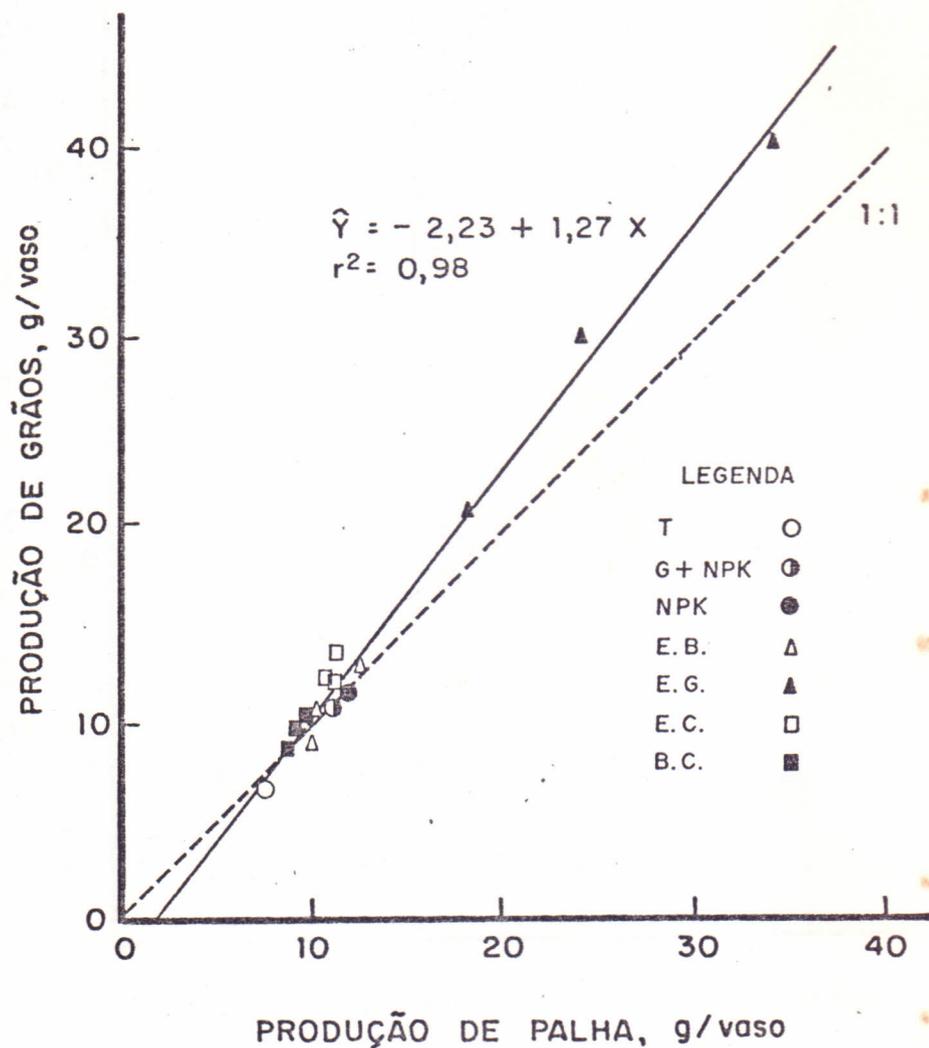


FIGURA 1 - Relação entre produções de grãos e palha de arroz adubado com diferentes fontes de resíduos orgânicos.

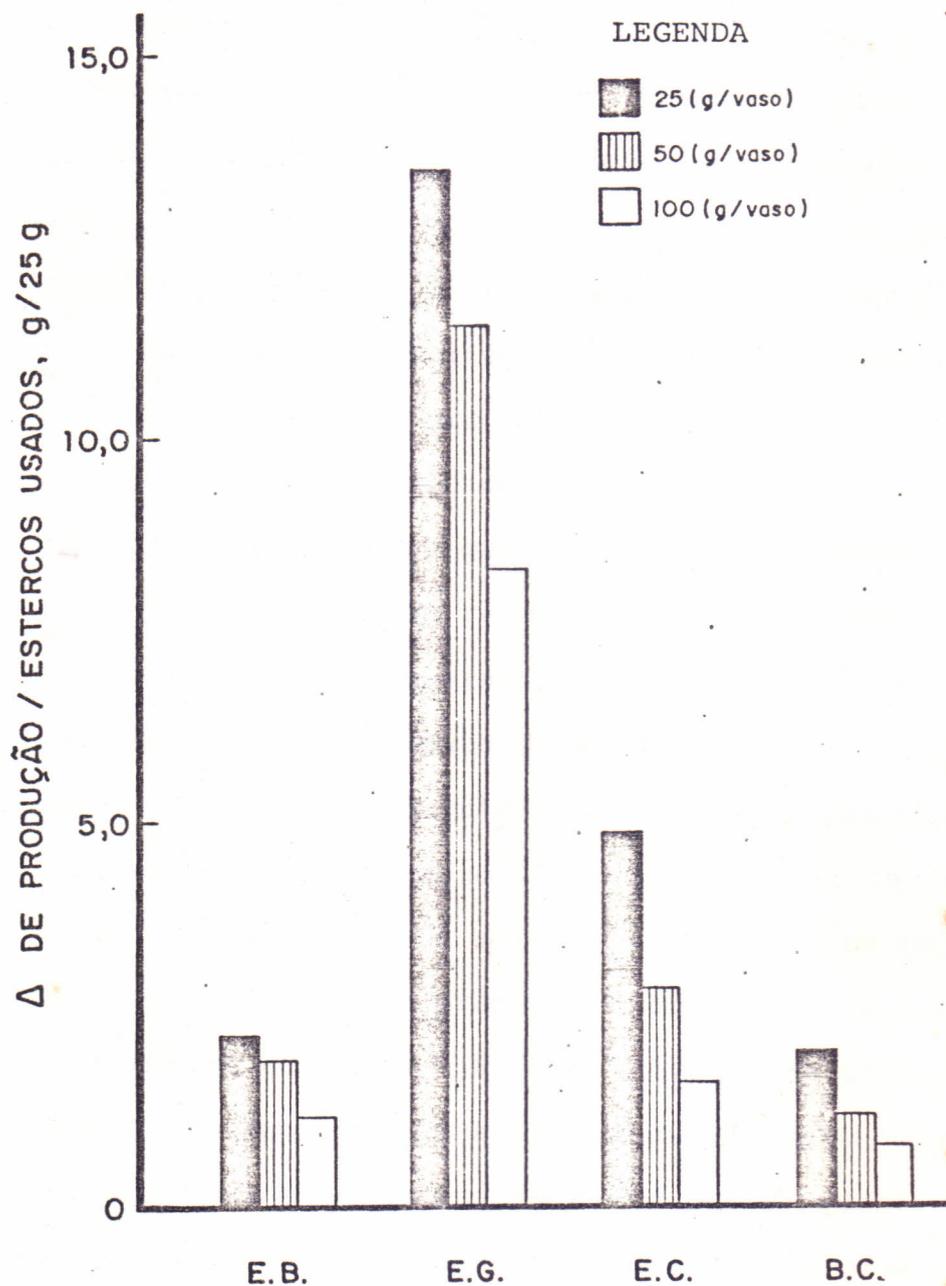


FIGURA 2 - Incremento de produção de grãos por cada 25g de resíduos orgânicos aplicados em três níveis.

tomando como base a quantidade de N aplicada, e comparando a quantidade de N aplicada (QUADRO 2) com a produção de grãos (QUADRO 5), verifica-se que as menores doses de bagana de carnaúba e esterco de bovino receberam maiores quantidades de nitrogênio do que os tratamentos em que o nitrogênio foi aplicado na forma mineral, no entanto a produção foi ligeiramente superior nestes últimos. Por outro lado, os materiais orgânicos que tiveram maiores efeitos sobre o crescimento, superando os tratamentos que receberam adubação mineral, foram os que apresentaram maiores teores de nutrientes e as menores relações C/N. Comportamento que sugere que nas doses mais baixas de esterco de bovino e bagana de carnaúba o abastecimento de N deve ter sido limitado tanto pelo menor teor de nutrientes como pelos processos de mineralização e imobilização. Esta mesma conclusão pode ser feita quando estabelecida a relação produção de grãos e N aplicado, onde para cada grama de N obteve-se um aumento da produção média de 19,8, 7,8, 6,6 e 4,3g para os estercos de galinha, caprino, bovino e bagana de carnaúba, respectivamente, ordenamento que está coerente com a quantidade decrescente de nutrientes (NPK) e a relação C/N crescente apresentada pelos materiais estudados. Quando usou-se adubação mineral, por cada grama de N aplicado a produção aumentou 15,5 e 17,9g para os tratamentos Gesso + NPK e NPK, respectivamente, valores que indicam uma maior eficiência na utilização do nitrogênio da fonte mineral em relação às fontes orgânicas que apresentaram as maiores relações C/N. Segundo ALEXANDER (1977), a imobilização do nitrogênio por microrganismos

mos começa a ocorrer quando esta relação se encontra na faixa de 20 a 30 : 1, provocando um decréscimo na disponibilidade do nitrogênio para as plantas.

Em solos inundados, como no caso em que foi desenvolvido o presente trabalho, o processo de mineralização e imobilização de nutrientes dos materiais orgânicos ocorre de maneira bem mais lenta que em solos com boas condições de aeração, fenômeno atribuído a alterações da atividade e tipo de microrganismos que intervêm nesses processos (PATELLA, 1976; ALEXANDER, 1977 e PATRICK, 1982). Diversos trabalhos têm demonstrado que para a decomposição anaeróbica de materiais orgânicos são necessárias de 3 a 4 vezes menos N do que para a decomposição em condições aeróbicas, ocorrendo a liberação de nitrogênio em materiais orgânicos mesmo com alta relação C/N (PATRICK, 1982). Na decomposição anaeróbica a liberação de N ocorre principalmente na forma  $\text{NH}_4^+$  que é de grande importância para o cultivo do arroz inundado (MORAES et alii, 1975; PATELLA, 1976). Embora a mineralização da matéria orgânica em condições anaeróbicas possa ocorrer com altas relações C/N, esta relação continua sendo importante como índice para liberação do nitrogênio orgânico e sua respectiva utilização pelas plantas. Pelos resultados encontrados verificou-se que nas menores relações C/N do material orgânico aplicado o nitrogênio liberado e utilizado pela cultura foi maior. Este comportamento se deduz pela maior produção de grãos de arroz, consequentemente maior extração de nitrogênio, do tratamento com menor dose de esterco de galinha que continha igual ou menor N

que os tratamentos que receberam maiores doses de esterco de bovino, caprino e bagana de carnaúba.

Para uma mesma fonte de material orgânico, a eficiência de utilização de nitrogênio decresceu com a elevação das doses, conforme verifica-se na FIGURA 3, que relaciona o incremento de produção de grãos com o N aplicado para os níveis e fontes dos materiais usados. Estes resultados concordam com os indicados por AMER (1960), que também encontrou decréscimo na recuperação de sulfatos de amônia aplicado com a elevação do nível de fertilização. A diminuição da eficiência de utilização de N, com elevação das doses, pode atribuir-se a perdas por volatilização direta na forma de  $\text{NH}_3$ , por lavagem na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  produzidos numa fina camada superficial de solos alagados e por volatilização como  $\text{N}_2$  e  $\text{NO}_2$  formado por desnitrificação de  $\text{N-NO}_3^-$  quando difunde para a camada de redução. Em solos alagados diferenciam-se 2 zonas características, uma com profundidade de até 1 cm, chamada de zona de oxidação, onde vivem microrganismos aerobicamente e o processo de nitrificação pode realizar-se, e outra, abaixo da primeira, constituindo a principal parte do perfil do solo inundado denominada de zona de redução (PATELLA, 1976; PATRICK, 1982). Deve-se salientar que os incrementos de produção observados nos diversos tratamentos não se devem exclusivamente ao nitrogênio, como erroneamente poderia ser interpretado da FIGURA 3, uma vez que para estes incrementos de produção também contribuíram outros macronutrientes presentes nos materiais orgânicos utilizados e suas possíveis interações.

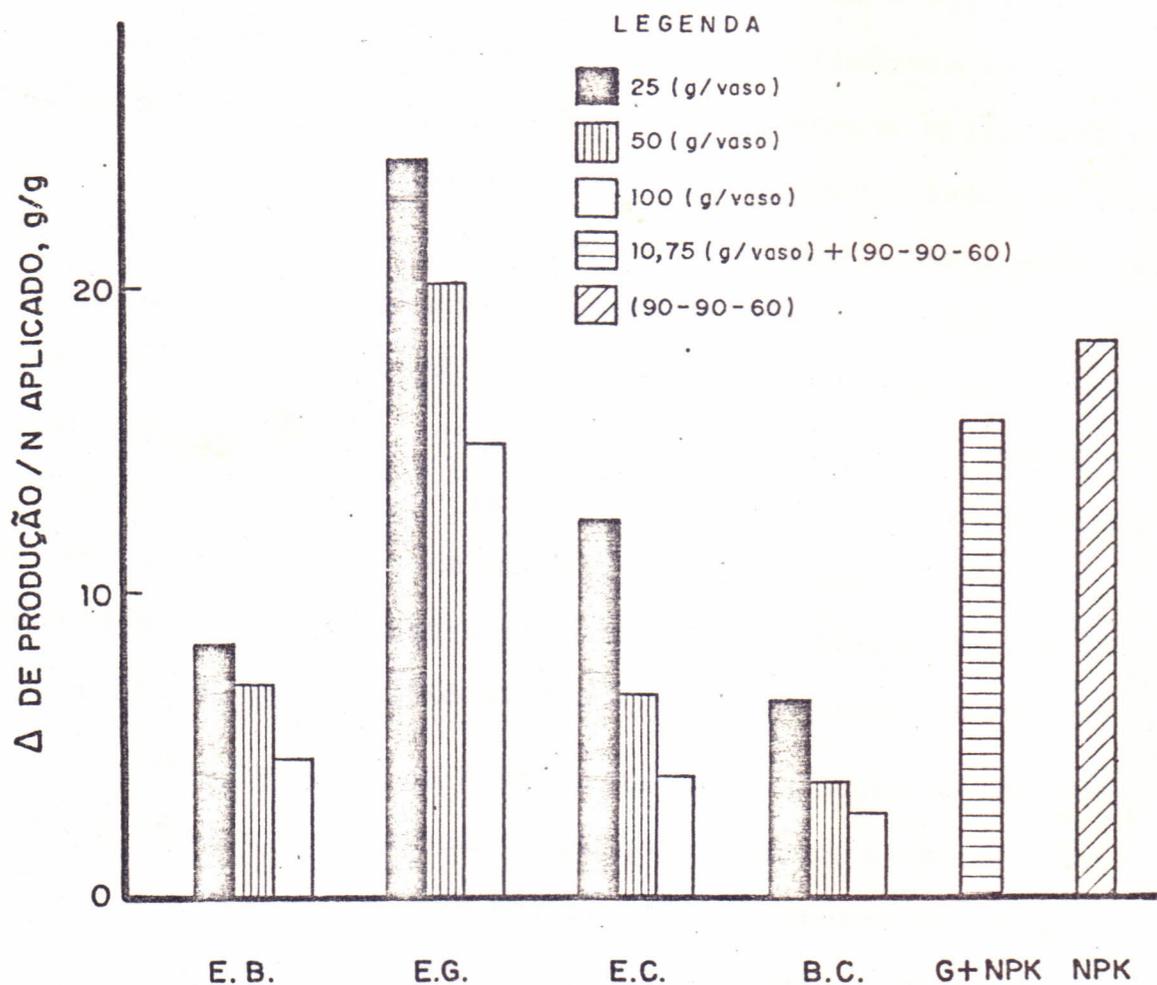


FIGURA 3 - Incremento de produção de grãos por grama de nitrogênio aplicado nas diversas fontes e níveis de resíduos orgânicos.

#### 4.2 - Efeito da matéria orgânica no teor de nutrientes da palha do arroz

No QUADRO 6 estão apresentados os resultados médios das concentrações de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e os respectivos coeficientes de variação e significância estatística na palha do arroz para todos os tratamentos utilizados; e no QUADRO 7 são indicadas as respectivas quantidades de nutrientes contidas na palha. Deve-se salientar que a análise de nutrientes na palha foi realizada após a colheita do grão, ocasião em que já havia acontecido a translocação dos mesmos para os grãos, diminuindo sua importância; resultados mais completos poderiam ter sido alcançados com a análise de grãos e raízes, de maneira a poder estabelecer-se a quantidade total de nutrientes extraídos. Apesar destas limitações, serão discutidos alguns aspectos mais relevantes.

Com respeito ao N total na palha a análise de variância mostrou diferenças significativas para fontes, níveis e a interação fontes por níveis. O esterco de galinha foi a fonte que apresentou em média a maior concentração (0,57%), sendo que apenas a maior dosagem (0,65%) diferenciou-se da testemunha (0,47%). O G + NPK e NPK tiveram as menores concentrações (0,30 e 0,38%, respectivamente), contudo diferenciando-se também da testemunha. As demais fontes orgânicas apresentaram valores intermediários não diferenciando-se entre elas e nem da testemunha. Em todas as fontes houve uma tendência a incrementar a concentração de

QUADRO 6 - Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na palha do arroz.

Tratamentos		N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
Fontes	Níveis						
		(g/vaso)	----- (%) -----				
1-	Esterco Bovino	25	0,45bc <sup>(1)</sup>	0,10c	1,37ab	0,27a	0,22bc
2-	Esterco Bovino	50	0,47cd	0,07ab	1,53ab	0,30a	0,24cd
3-	Esterco Bovino	100	0,45bc	0,09bc	1,67ab	0,27a	0,23bc
	Média		0,46A <sup>(2)</sup>	0,09A	1,52A	0,28A	0,23A
4-	Esterco Galinha	25	0,48cd	0,07abc	1,50ab	0,30a	0,20abc
5-	Esterco Galinha	50	0,57d	0,06a	1,83ab	0,37a	0,28d
6-	Esterco Galinha	100	0,65e	0,07ab	2,57c	0,33a	0,35e
	Média		0,57B	0,07A	1,97B	0,33A	0,28B
7-	Esterco Caprino	25	0,50cd	0,07ab	1,57ab	0,30a	0,21abc
8-	Esterco Caprino	50	0,50cd	0,09abc	1,70ab	0,27a	0,18ab
9-	Esterco Caprino	100	0,55d	0,07ab	1,37ab	0,23a	0,16a
	Média		0,52B	0,08A	1,55A	0,27A	0,18A
10-	Bagana Carnaúba	25	0,50cd	0,08abc	1,47ab	0,27a	0,21abc
11-	Bagana Carnaúba	50	0,52cd	0,09abc	1,47ab	0,27a	0,20abc
12-	Bagana Carnaúba	100	0,53cd	0,07abc	1,53ab	0,27a	0,20abc
	Média		0,52B	0,08A	1,49A	0,27A	0,20A
Adicionais							
13-	Gesso + NPK	-	0,30a	0,09bc	1,87b	0,30a	0,18abc
14-	NPK	-	0,38b	0,09bc	1,63ab	0,30a	0,20abc
15-	Testemunha	-	0,47cd	0,08abc	1,33a	0,27a	0,20abc
% CV - Fatorial			6,48	16,52	16,23	15,29	14,26
% CV - Aleatório			8,94	17,72	15,82	18,78	13,06

(1) Valores seguidos por letras minúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.

(2) Valores de médias seguidos por letras maiúsculas não diferem significativamente ao nível de 5%.

QUADRO 7 - Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio contidos na palha do arroz.

Tratamentos		N	P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Fontes	Níveis					
		(g/vaso)	----- (mg/vaso) -----			
1- Esterco Bovino	25	44,97	10,07	137,10	26,79	22,37
2- Esterco Bovino	50	49,93	7,07	164,37	31,93	25,13
3- Esterco Bovino	100	57,63	11,93	217,20	34,93	29,37
	Média	50,84	9,69	172,89	31,22	25,62
4- Esterco Galinha	25	87,70	13,33	272,77	54,51	36,37
5- Esterco Galinha	50	134,60	15,17	444,90	88,60	67,30
6- Esterco Galinha	100	223,53	24,17	889,97	112,29	120,97
	Média	148,61	17,56	535,77	85,13	74,88
7- Esterco Caprino	25	56,37	7,50	177,97	33,82	23,17
8- Esterco Caprino	50	55,80	10,07	190,90	30,18	20,17
9- Esterco Caprino	100	61,83	7,53	153,60	25,69	17,43
	Média	58,00	8,37	174,16	29,90	20,26
10- Bagana Carnaúba	25	45,50	7,00	133,23	23,90	19,13
11- Bagana Carnaúba	50	47,90	8,40	136,70	25,11	18,70
12- Bagana Carnaúba	100	54,37	7,50	157,03	27,27	20,40
	Média	49,26	7,63	142,32	25,42	19,32
Adicionais						
13- Gesso + NPK	-	32,93	10,30	206,43	32,92	20,17
14- NPK	-	45,37	11,10	194,07	35,64	24,20
15- Testemunha	-	36,17	6,13	103,63	20,57	15,23

N com o aumento do nível, sendo este efeito mais pronunciado no esterco de galinha. O comportamento observado é explicado pela quantidade de nitrogênio aplicada com resíduos orgânicos ou adubos minerais, que podem levar a um maior acúmulo de N na planta (VENKATESWARLU et alii, 1980).

No que diz respeito ao P total na palha, nenhum resíduo orgânico ou mesmo os tratamentos adicionais G + NPK e NPK diferiram estatisticamente da testemunha ao nível de 5% (QUADRO 6). Apesar disso foi observado que os tratamentos com esterco de galinha apresentaram as menores concentrações de P na palha o que pode atribuir-se ao efeito de diluição por maior produção de matéria seca, já que estes tratamentos também tiveram a maior quantidade de fósforo extraída pela palha (QUADRO 7).

O Potássio na palha seguiu uma tendência similar ao nitrogênio, embora sua concentração tenha sido 3 a 4 vezes superior. O esterco de galinha foi o tratamento que apresentou as maiores concentrações, sendo que apenas o maior nível (100g/vaso) e G + NPK diferiram estatisticamente da testemunha, já os demais tratamentos não diferiram. Quando comparada a quantidade de potássio extraída pela palha (matéria seca X concentração de K), as maiores extrações corresponderam também aos tratamentos que receberam maior quantidade de potássio (QUADRO 7).

As concentrações de cálcio e magnésio (QUADRO 6) com exceção do magnésio nos tratamentos que receberam esterco de galinha, apresentaram valores praticamente constantes em todos os tratamentos, não diferenciando-se da testemunha. No

caso do esterco de galinha foi verificado um aumento da concentração de magnésio com a elevação do nível, este aumento é explicado pelo alongamento do ciclo vegetativo nestes tratatamentos que por ocasião da colheita as plantas ainda apresentavam folhas com maior atividade fotossintética, o que explica também o maior teor de N observado nestes tratamentos. Em relação à quantidade extraída (QUADRO 7), como era de se esperar, os diversos tratamentos apresentaram valores proporcionais à matéria seca produzida.

#### 4.3 - Efeito da matéria orgânica sobre propriedades físicas e químicas do solo

O efeito dos tratamentos sobre algumas características químicas do solo (pH, Condutividade Elétrica, Capacidade de Troca de Cátions, Percentagem de Sódio Trocável e P e K disponíveis) bem como seus coeficientes de variação e significação estatística são apresentados no QUADRO 8.

O pH foi a característica que apresentou menor variabilidade (CV = 2,12%) com valores que oscilaram entre 6,80 a 7,40, isto é, na faixa de ligeiramente ácido a ligeiramente alcalino. O maior valor de pH foi apresentado pela testemunha (7,40) que diferenciou-se estatisticamente de todos os demais tratamentos, com exceção dos tratamentos adubação mineral NPK (pH 7,30) e bagana de carnaúba na menor dosagem (pH 7,17). Nos demais tratamentos independentemente

QUADRO 8 - Algumas propriedades químicas do solo após o cultivo do arroz.

Tratamentos		pH	CE a 25°C	T	PST	P Disponível	K Disponível
Fontes	Níveis						
	(g/vaso)		(nrnhos/cm)	(meq/100g)	(%)	-----ppm-----	
1- Esterco Bovino	25	7,07bcde (1)	1,04a	18,83a	7,87a	28,0b	126,8b
2- Esterco Bovino	50	7,27def	1,39a	19,44a	11,28a	30,4b	158,3cdef
3- Esterco Bovino	100	7,07bcde	1,26a	18,96a	6,93a	30,2b	169,0ef
	Média	7,14B (2)	1,23A	19,08A	8,69A	29,5A	151,4A
4- Esterco Galinha	25	6,87ab	1,29a	19,02a	5,52a	35,5b	151,3bcdef
5- Esterco Galinha	50	6,90ab	1,73a	20,48a	11,18a	57,8c	177,0f
6- Esterco Galinha	100	7,03abcd	1,87a	20,46a	9,88a	96,2d	206,3g
	Média	6,93A	1,63A	19,99A	8,86A	63,2B	178,2B
7- Esterco Caprino	25	6,97abc	1,39a	19,83a	8,42a	33,0b	150,1bcdef
8- Esterco Caprino	50	6,87ab	1,17a	19,49a	6,65a	33,8b	163,0def
9- Esterco Caprino	100	6,80a	2,00a	20,18a	8,01a	34,1b	232,7h
	Média	6,88A	1,52A	19,83A	7,69A	33,7A	182,0F
10- Bagana Carnaúba	25	7,17cdef	1,32a	19,14a	8,83a	33,5b	143,1bcde
11- Bagana Carnaúba	50	7,07bcde	1,14a	19,03a	6,84a	31,4b	147,8bcde
12- Bagana Carnaúba	100	6,93abc	1,52a	19,96a	9,22a	31,7b	151,3bcdef
	Média	7,06B	1,33A	19,38A	8,30A	32,2A	147,4A
Adicionais							
13- Gesso + NPK	-	7,00abc	2,14a	20,02a	8,21a	35,4b	131,4bc
14- NPK	-	7,30ef	1,22a	19,39a	10,76a	33,2b	140,8bcd
15- Testemunha	-	7,40f	1,38a	19,24a	14,63a	8,6a	102,2a
% CV - Fatorial		2,12	38,41	5,03	45,91	17,71	9,64
% CV - Alcatório		1,88	37,65	5,15	40,41	17,15	9,19

- (1) Valores seguidos por letras minúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.
- (2) Valores de médias seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.

das fontes e dos níveis usados foi verificada uma ligeira redução no pH cujos valores não diferenciaram-se estatisticamente entre si. Quando comparado o pH antes e depois do cultivo do arroz por inundação, verificou-se que na testemunha e no tratamento NPK mineral houve elevação do pH de 7,10 para 7,40 e 7,30 respectivamente e uma ligeira acidificação nos tratamentos com esterco de galinha, caprino e no tratamento G + NPK (pH médio 6,93, 6,88 e 7,00, respectivamente) enquanto que o esterco de bovino e bagana de carnaúba permaneceram praticamente estáveis (pH médio 7,14 e 7,06, respectivamente).

A elevação do pH observada na testemunha, concorda com os resultados encontrados por BLACK, (1968); MORAES, (1972 e 1974), que verificaram aumento do pH em solos ácidos sob condições alagadas, atribuindo a elevação, à ativação de grupos hidroxilas pela redução de óxidos ou hidróxidos de ferro a formas mais solúveis de Fe-ferroso. A ligeira diminuição do pH observada nos tratamentos com materiais orgânicos contrária aos resultados de TIBAU, (1978) e MUGWIRA, (1979), que constataram elevação de pH quando usaram materiais orgânicos durante três anos, possivelmente tem sido causada pela curta duração do experimento e baixa permeabilidade do solo que permitiu acúmulo de ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico e outros produtos intermediários da decomposição anaeróbica da matéria orgânica (TANAKA & NAVASERO, 1967; ALEXANDER, 1977). Também pode ter contribuído a formação do ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) por redução dos íons sulfatos, em condições anaeróbicas, principal-

mente no tratamento que recebeu G + NPK (MORAES, 1972).

Os valores médios de Condutividade Elétrica (CE) mostraram uma alta variabilidade (CV = 38,41%) não permitindo detectar diferenças entre tratamentos. No entanto, foi observada uma ligeira diminuição da CE em quase todos os tratamentos com relação ao solo original antes do cultivo. Comparando-se os tratamentos verificou-se uma tendência a aumentar a CE com o aumento do nível dentro de cada fonte, principalmente nos esterco de galinha e de caprino que na maior dosagem apresentaram valores de CE que superaram a testemunha, o mesmo acontecendo com o tratamento que recebeu gesso. A alta variabilidade observada é explicada pela desigual lixiviação dos íons solúveis, agravada pela baixa permeabilidade do solo estudado, observada durante a condução do experimento. Esta lixiviação também foi responsável pela diminuição da CE, em relação à apresentada pelo solo original. Para a elevação da CE nas maiores dosagens deve ter contribuído uma maior mineralização, o que se deduz devido a que os esterco em que este efeito foi mais pronunciado também apresentarem um maior teor de nutrientes e as menores relações C/N, ocasionando uma maior liberação de íons (BLACK, 1968; ALEXANDER, 1977). A elevação constatada no tratamento que recebeu gesso possivelmente deve-se à presença dos íons sulfato e cálcio, remanescente no solo. FERREYRA & COELHO (1986), trabalhando em condições de campo no mesmo solo, verificaram que a aplicação de 12 t/ha de gesso elevou a CE da solução do solo, em relação à parcela sem gesso, durante um período de 140 dias, a partir dos

quais os valores se equilibraram. A elevação da CE por aplicação de gesso em estudos de casa de vegetação também foi constatada por COALE et alii, (1984).

No QUADRO 8 pode-se verificar que a Capacidade de Troca de Cátions (Valor T) em todos os tratamentos foi semelhante, apesar da análise de variância ter mostrado um baixo coeficiente de variação (CV = 5,03%). Este comportamento provavelmente foi devido ao curto período de duração do experimento assim como as condições de inundação em que foi conduzido. Em condições anaeróbicas a decomposição do material orgânico é mais lenta e incompleta (ALEXANDER, 1977), e possivelmente com síntese de compostos orgânicos pouco ativos, com pequena influência sobre a capacidade de troca, cujo efeito não foi possível detectar dado o curto período de duração do experimento.

No QUADRO 8, encontraram-se os resultados da Percentagem de Sódio Trocável (PST), onde a análise de variância mostra que estatisticamente nada pode-se concluir em virtude da alta variabilidade (CV = 45,91%) apresentada por este parâmetro. Apesar disto foi observada uma tendência para a redução da PST nos tratamentos que receberam matéria orgânica em relação à testemunha. A PST após o cultivo no tratamento testemunha (14,6) aumentou ligeiramente em relação ao solo original (13,2), sendo a pequena diferença observada atribuível ao acúmulo de sódio presente na água de irrigação (QUADRO 3). Para a redução da PST observada nos tratamentos com matéria orgânica pode ter contribuído a liberação de íons cálcio, magnésio e hidrogênio resultantes de

sua mineralização, substituindo o sódio no complexo de troca. O tratamento que recebeu gesso, embora aplicado cálcio em quantidade equivalente ao sódio presente no complexo de troca, apenas substituiu 43% do sódio existente, o que é explicado devido as reações de troca dependerem de múltiplos fatores entre os quais a concentração total e relativa de íons da solução do solo, teor de umidade, processos de precipitação e dissolução que se dão concomitantemente, entre outros, RICHARDS (1974) e BRESLER et alii (1982), o que faz com que a eficiência não seja total. Por outro lado, o requerimento de gesso para recuperação de solos sódicos também é dependente da percentagem de sódio final desejada (OSTER & FRENKEL, 1980).

Com relação a P e K disponíveis no solo, avaliados após o cultivo do arroz sob inundação, os resultados também são apresentados no QUADRO 8. Neste quadro verifica-se que o P- disponível após o cultivo do arroz teve uma redução na testemunha em relação ao solo original (QUADRO 1), já nos demais tratamentos que receberam aplicações de materiais orgânicos ou adubação mineral o P- disponível foi mantido ou elevado quando comparado com o solo original. O esterco de galinha foi o material orgânico que mais elevou o teor de P- disponível com diferenças estatísticas entre os três níveis aplicados. O esterco de bovino, esterco de caprino e bagana de carnaúba (em média 29, 34 e 32 ppm respectivamente) tiveram seus valores superiores ao apresentado pela testemunha (9 ppm) embora não tenham sido verificadas diferenças entre estas três fontes e nem entre os níveis aplica-

dos. Os tratamentos que receberam adubação mineral G + NPK e NPK (35 e 33 ppm, respectivamente), também mantiveram alto o teor de P- disponível, com valores semelhantes ao do solo original (31 ppm) diferenciando-se da testemunha que teve seu valor reduzido. A manutenção ou elevação do alto teor de P- disponível após o cultivo nos diversos tratamentos, é explicada pelo P contido nos materiais orgânicos utilizados (QUADRO 2) e sugere que em todos os casos o fósforo não foi o nutriente limitante para o desenvolvimento do arroz, o que pode não ser válido para a testemunha que teve o teor de fósforo reduzido a níveis considerados baixos para a maioria das culturas. Segundo SHAPIRO e MITSUI, citados por PATELLA (1976), em condições de solos alagados a disponibilidade de fósforo aumenta, o qual atribui à hidrólise dos fosfatos existentes no solo e ao aumento da solubilidade dos fosfatos de ferro.

No caso do K- disponível, após o cultivo, a testemunha manteve alto o seu teor (102 ppm), embora seu valor tenha apresentado uma redução em relação ao solo original (108,0 ppm). Todos os tratamentos aumentaram o K- disponível em relação à testemunha, diferenciando-se estatisticamente ao nível de 5%. Os esterco de caprino e de galinha foram os materiais orgânicos que mais incrementaram o potássio disponível diferenciando-se do esterco de bovino e baga de carnaúba, que apresentaram médias menores e estatisticamente semelhantes. Nos diversos materiais orgânicos foram observados aumentos de K- disponível com a elevação dos níveis aplicados, sendo o efeito mais marcante no esterco de

caprino e esterco de galinha que também foram os materiais com maior teor de K- (QUADRO 3). No tratamento que recebeu G + NPK o teor de K- disponível foi inferior àquele que recebeu apenas NPK mineral embora sem significação estatística. Para este comportamento, a exemplo do fósforo, deve ter influenciado o teor de nutrientes e a mineralização dos materiais orgânicos; por outro lado, vale salientar que o solo apresenta na composição mineralógica da fração argila, a predominância de vermiculita (FREITAS et alii, 1984), com elevado teor de muscovita, cuja intemperização pode liberar potássio facilmente (MIELNICZUK, 1977 e RAIJ, 1982). Para o menor teor de K- disponível no tratamento que recebeu gesso em relação ao que somente foi adubado com NPK devem ter contribuído as perdas por lixiviação devido à substituição de K- trocável por cálcio e posteriores perdas juntamente com a água de drenagem.

No QUADRO 9 são indicados os resultados médios de três repetições das percentagens de Matéria Orgânica, Estabilidade de Agregados e Umidade a 1/3 e 15 atmosferas, com os respectivos coeficientes de variação para a análise de variância no modelo fatorial (4 fontes X 3 doses) e no modelo aleatório (15 tratamentos). Neste quadro as letras minúsculas que seguem os valores dentro de cada coluna indicam diferenças significativas tanto para o modelo fatorial como modelo aleatório ao nível de 5%.

Os teores de matéria orgânica, estimados a partir do carbono orgânico determinado por oxidação por  $K_2Cr_2O_7$  (VETTORI, 1969), como era de se esperar, aumentaram com o au

QUADRO 9 - Teores de matéria orgânica, estabilidade de agregado e retenção de umidade do solo após o cultivo do arroz.

Tratamentos		M.O.	E.A.	Umidade	
Fontes	Níveis			1/3 atm	15 atm
	(g/vaso)				
1- Esterco Bovino	25	1,75a <sup>(1)</sup>	24,4ab	33,1b	-
2- Esterco Bovino	50	1,88abc	27,0abcd	33,9c	-
3- Esterco Bovino	100	2,04bc	31,4bcd	34,5cd	-
	Média	1,89A <sup>(2)</sup>	27,6A	33,8AB	-
4- Esterco Galinha	25	1,84ab	34,6cd	33,0b	14,9cd
5- Esterco Galinha	50	2,12c	31,8bcd	34,0c	14,7cd
6- Esterco Galinha	100	2,10c	33,7cd	35,2de	14,7cd
	Média	2,02AB	33,4BC	34,1B	14,8BC
7- Esterco Caprino	25	2,02bc	34,8cd	34,7cde	14,4bc
8- Esterco Caprino	50	2,12c	37,3d	35,5e	14,4bc
9- Esterco Caprino	100	2,43d	32,0cd	37,3f	14,2bc
	Média	2,19B	34,7C	35,8C	14,3B
10- Bagana Carnaúba	25	1,92abc	27,0abc	31,8a	15,2cd
11- Bagana Carnaúba	50	2,12c	27,9abcd	33,0b	14,9cd
12- Bagana Carnaúba	100	2,59d	30,5bcd	34,7cde	15,2cd
	Média	2,21B	28,5AB	33,2A	15,1C
Adicionais					
13- Gesso + NPK	-	1,82ab	27,2abcd	32,4ab	15,5d
14- NPK	-	1,67a	20,6a	32,1a	14,4bc
15- Testemunha	-	1,68a	21,0a	32,1a	14,8cd
% CV - Fatorial		5,33	12,23	1,46	3,52
% CV - Aleatório		6,72	15,75	1,39	3,63

- (1) Valores seguidos por letras minúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.
- (2) Valores de médias seguidos por letras maiúsculas iguais não diferem significativamente ao nível de 5%.

mento dos níveis aplicados nas 4 fontes estudadas, sendo que a análise de variância indicou uma interação positiva níveis X fontes. Quando comparadas as fontes, as que mais elevaram o teor de matéria orgânica foram bagana de carnaúba e esterco de caprino (com média de 2,21 e 2,19%) as quais diferenciaram-se estatisticamente do esterco de galinha e esterco de bovino (com média de 2,02 e 1,89%). Independentemente da fonte, os tratamentos que receberam as maiores doses diferenciaram-se estatisticamente da testemunha, que apresentou em média valores semelhantes a G + NPK e NPK. Comparando-se o teor de matéria orgânica do solo original (QUADRO 1); com os tratamentos que não receberam materiais orgânicos, verificou-se que o teor foi praticamente mantido, o que pode atribuir-se à baixa mineralização da matéria orgânica em condições anaeróbicas, ao curto período de duração do experimento e ao fato de que a quantidade apresentada pelo solo original encontrava-se em equilíbrio com as condições ambientais. Segundo JENNY citado por FASSBENDER (1984) o teor de matéria orgânica dos solos é determinado em primeira instância pelo clima, vegetação e outros fatores locais como relevo, material de origem, tipo e duração da exploração do solo, etc. Para diferenças entre fontes deve ter intervido a relação C/N, a qual influencia o grau de mineralização (ALEXANDER, 1977), e a presença de partículas de matéria orgânica de tamanho variável que, além de influenciar na mineralização, pode ter influenciado na sua determinação. Segundo ALLISON (1965), na determinação do carbono orgânico, com o uso de  $K_2Cr_2O_7$  e  $H_2SO_4$  con-

centrado, são oxidadas as formas ativas de carbono orgânico no solo, não ocorrendo o mesmo com as formas mais inertes.

A estabilidade de agregados foi aumentada pela aplicação de resíduos orgânicos; comparando-se as fontes (QUADRO 9) verificou-se que as maiores influências sobre esta propriedade foram apresentadas pelos esterco de caprino (34,7%) e de galinha (33,4%), que não se diferenciaram entre si, seguidos pela bagana de carnaúba (28,5%) e esterco de bovino (27,6%) que tão pouco diferenciaram-se entre si. Dentro de cada fonte observou-se uma tendência a aumentar a estabilidade de agregados à medida que os níveis também aumentaram, embora sem significação estatística. O G + NPK apresentou um valor superior (27,2%) ao tratamento NPK (20,6%) e testemunha (21,0%) embora sem diferença estatística entre eles. Incrementos da estabilidade de agregados por aplicação de resíduos orgânicos têm sido verificados por diversos pesquisadores (DEMOLON & HENIN, 1932; TIARKS et alii, 1974; TISDALL et alii, 1978; FREITAS, 1983). O incremento da estabilidade de agregados pode ser atribuído ao efeito benéfico da matéria orgânica na qual a atividade microbiana exerce um papel importante no estabelecimento de ligações do material orgânico decomposto com as partículas do solo (TISDALL et alii, 1978). Também podem ter contribuído às substituições do sódio trocável por cálcio e magnésio provenientes da mineralização dos resíduos orgânicos, os quais têm levado à redução da PST verificada no QUADRO 8, que por sua vez aumenta a estabilidade de agregados, o que também explica o efeito positivo do gesso na estabilidade de agre-

gados (RICHARDS, 1974).

Os conteúdos de umidade do solo a 1/3 e 15 atmosferas após o cultivo do arroz também são apresentados no QUADRO 9. Deve-se salientar que no referido quadro não constam os dados de umidade a 15 atmosferas para esterco de bovino, os quais foram considerados perdidos por problemas em sua determinação.

Observando o QUADRO 9, pode verificar-se que a umidade retida a 1/3 de atmosfera aumentou significativamente com o nível de matéria orgânica adicionado em todas as fontes estudadas. Os menores valores de retenção de umidade foram os da testemunha e dos tratamentos NPK e G + NPK, que não se diferenciaram entre si, mas apresentaram diferença significativa dos tratamentos com matéria orgânica. Os estercos de caprino e de galinha foram as fontes que apresentaram maiores valores de umidade, com incrementos médios em seu teor da ordem de 3,76 e 2,00%, respectivamente, em relação à testemunha, seguidos do esterco de bovino e bagana de carnaúba com incrementos de 1,74 e 1,09%, respectivamente. A diferença entre fontes e níveis de matéria orgânica pode atribuir-se a modificações na distribuição da porosidade do solo que por sua vez pode ser influenciada pela taxa de decomposição, relação C/N dos resíduos orgânicos, temperatura, microrganismos e produtos de decomposição da matéria orgânica cuja extensão dos efeitos ainda é pouco conhecida (SKIDMORE et alii, 1986).

Com relação a umidade a 15 atmosferas verificou-se

que nos diversos tratamentos os teores quase não variaram e a análise de variância no modelo aleatório não mostrou diferenças estatísticas dos tratamentos com a testemunha, embora a análise de variância no modelo fatorial tenha mostrado diferenças significativas no efeito médio entre a bagana de carnaúba e o esterco de caprino. Para a semelhança de valores observada pode ter contribuído o fato de que a altas tensões a água retida pelo solo se encontra principalmente adsorvida na superfície das partículas do solo (HILLEL, 1980), a qual possivelmente foi pouco modificada pelos tratamentos estudados. Estes resultados estão de acordo com SKIDMORE et alii, (1986), que ao compararem o efeito das culturas de sorgo e trigo no conteúdo de água do solo, encontraram diferenças em baixas e não em altas tensões.

## 5 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da avaliação do experimento permitiram as seguintes conclusões:

(1) - O esterco de galinha foi o resíduo orgânico que mais influenciou os parâmetros de crescimento avaliados na cultura do arroz, proporcionando maior altura de plantas, maior número de perfilhos, maior número de panículas, maior peso de panículas, maior produção de grãos e maior peso de palha, destacando-se dos demais que apresentaram bastante semelhança nestes parâmetros, embora o esterco de caprino tenha sido ligeiramente superior ao esterco de bovino e este à bagana de carnaúba..

(2) - A concentração de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na palha, praticamente não mostrou diferenças entre tratamentos e testemunha, com exceção do maior nível de esterco de galinha, que teve a maior concentração de N, K e Mg.

(3) - A aplicação de resíduos orgânicos e gesso reduziu ligeiramente o pH do solo destacando-se os estercos de caprino e de galinha.

(4) - A alta variabilidade dos dados não permitiu detectar diferenças na CE e PST para fontes e níveis de resíduos orgânicos e nem entre os adicionais.

(5) - O esterco de galinha aumentou sensivelmente o P- disponível, enquanto que os demais estercos praticamente mantiveram o nível do solo original. O K- disponível em todas as fontes aumentou com o nível aplicado, destacando-se os estercos de caprino e de galinha.

(6) - Os estercos elevaram ligeiramente o teor de matéria orgânica, sendo o efeito mais marcante na bagana de carnaúba e esterco de caprino; não sendo observadas diferenças na capacidade de troca de cátions.

(7) - A estabilidade de agregados e a retenção de água a 1/3 de atmosfera aumentaram com a aplicação de resíduos orgânicos, destacando-se os estercos de caprino e de galinha. A água retida a 15 atmosferas não apresentou diferenças estatísticas, com resultados semelhantes à testemunha.

6 - LITERATURA CITADA

- ABROL, I. P. & BHUMBLA, D. R. Field studies on salt leaching in a highly saline-sodic soil. Soil Science, 115(6):429-433. 1973.
- ADRIANO, D. C.; CHANG, A. C.; PRATT, P. F.; SHARPLESS, R. Effect of soil application of dairy manure on germination and emergence of some selected crops. Journal of Environmental Quality, Madison, 2(3): 396-9, 1973.
- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2nd. ed. John Wiley & Sons, New York, 1977. 467p.
- ALLISON, L. E. Organic Carbon. In: Methods of soil analysis. (Chemical and microbiological properties). BLACK, C. A. (ed.). Agronomy 09. Madison, 1367-1378. 1965.
- ALPEROVITCH, N. & SHAINBERG, I. Reclamation of alkali soils with  $\text{CaCl}_2$  solutions. In: A. Hada et alii (ed.). Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. Vol. 4, Springer-Verlag Berlin. p.431-440. 1973.
- AMER, F. Evaluation of dry sub-surface and wet surface ammonium sulfate application for rice. Plant Soil. In: Nitrogen in Agricultural Soils. 13: 47-54. 1960.
- BAKER, D. E. & CHESNIN, L. Chemical monitoring of soils for environmental quality and animal and human health. Advances in Agronomy, New York, 27: 305-75. 1975.

- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Física de Suelos. México, Unión Tipografica Ltda. Hispano-Americano, 1973. 529p.
- BATAGLIA, O. C.; BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim Brachiária. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7: 277-84, 1983.
- BLACK, C. A. Soil - Plant Relationships. 2nd. ed. Wiley, New York. 1968. 792p.
- BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modeling. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. New York, 1982. 236p.
- CARY, J. W. & RASMUSSEN, W. W. Response of three irrigated crops to deep tillage of a semiarid silt-loam. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 574-577. 1979.
- CARVALHO, J. C. R. de. Efeito de adubos orgânicos na produção de matéria seca e conteúdo de nutrientes em sorgo forrageiro (*Sorghum vulgare Pers.*). Tese de Mestrado. Fortaleza (Ce). Universidade Federal do Ceará. 1986. 58 fls.
- CHAPMAN, H. D. & PRATT, D. F. Methods of analysis for soils, plants and waters. California, University Division of agriculture Sciences. p.161-74. 1961.
- COALE, F. J.; EVANGELOU, V. P.; GROVE, J. H. Effects of saline-sodic soils chemistry on soybean mineral composition and stomatal resistance. J. Environ. Qual., 13(4): 635-639. 1984.

COELHO, M. A. Características de umidade de alguns solos de aluvião: normais, sódicos e sódico-salinos. Rio de Janeiro, UFRJ, Tese de Mestrado, 1971. 113 fls.

COELHO, M. A. Variabilidade de características físicas e químicas em solo salino-sódico. Ci. Agron., Fortaleza, 12: 37-43. 1981.

COPE, J. T.; STURKIE, D. G.; HILTBOLD, A. E. Effects of manure, vetch and commercial Nitrogen on crop yields and Carbon and Nitrogen contents of a fine sandy loam over a 30-year period. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 22: 524-27. 1958.

DEMOLON, A. & HENIN, S. Recherches sur la structure des limons et la synthese des aggregates. Soil Res. 3: 1-9. 1932.

DUBETZ, S.; KOZUB, G. C.; DORMAAR, J. F. Effects of fertilizer barnyard manure, and crop residues of irrigated crop yields and soil chemical properties. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, 55: 481-90. 1975.

ECK, H. V. & DAVIS, R. G. Profile modification and root yield distribution and activity. Agronomy Journal, 63: 934-937. 1971.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979.

FARIAS, I.; FERNANDES, A. de P. M.; LIRA, M. de; REIS, O. V. dos. Efeito da adubação orgânica em milho, sorgo e

- capim elefante. In: EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Recife. Projeto de pesquisa com forragicultura, alimentação e manejo de bovinos no Estado de Pernambuco. Relatório Anual. Recife, p.44-51. 1977.
- FASSBENDER, H. W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 4 ed. San José, Costa Rica, Instituto de Cooperación para la Agricultura, 1984. 398p.
- FERREYRA, H. F. F. & COELHO, M. A. Efeito de doses de gesso e subsolagem na produtividade de arroz em solo sódico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(2): 157-161. 1986.
- FREITAS, J. A. D. de. Efeito de corretivos químicos e matéria orgânica sobre características físicas e químicas de um solo salino-sódico. Tese de Mestrado. Fortaleza (Ce). Universidade Federal do Ceará. 1983. 72 fls.
- FREITAS, J. A. D. de.; COELHO, M. A.; FERREYRA, H. F. F. Efeito de corretivos químicos e materiais orgânicos sobre o movimento de água e estrutura de um solo salino-sódico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8: 261-264. 1984.
- GOERTZEN, J. O. & BOWER, C. A. Carbon dioxide from plant roots as a factor in the replacement of adsorbed sodium in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 36-37. 1958.
- GOES, E. S. Problemas de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. Recife, MINTER/SUDENE. 1978. 20 fls.
- GUTTAY, J. R.; COOK, R. L.; ERICKSON, A. E. The effect of

- green and stable manure on the yield of crops and on the physical condition of a Tappan-Parkhill loam soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 20: 526-28. 1956.
- HAAS, H. J.; GRUNES, D. L.; REICHMAN, G. A. Phosphorus changes in Great Plains soils as influenced by cropping and manure applications. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25: 214-18. 1961.
- HAFEZ, A. A. R. Comparative changes in soil physical properties induced by admixtures of manures from various domestic animals. Soil Science, Baltimore, 118(1): 53-9. 1974.
- HAGHIRI, F.; MILLER, R. H.; LOGAN, T. J. Crop response and quality of soil leached as affected by land application of beef cattle waste. Journal of Environmental Quality, 7 (3): 406-12. 1978.
- HERRON, G. M. & ERHART, A. B. Value of manure on an irrigated calcareous soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29: 278-81. 1965.
- HECKLER, J. C. & SILVA, C. A. S. da. Caracterização das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) recomendadas para o Estado do Mato Grosso do Sul. Dourados. EMBRAPA/UEPAE. Dourados, 1981. 6p. (Comunicado Técnico, 5).
- HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. Academic Press. New York. 1980. 413p.
- HOLANDA, F. J. M.; ALBUQUERQUE, J. J. L.; CARMO, C. M. do. Adubação mineral em sorgo no Vale do Curu. Ci. Agron. 2

(2): 113-18. 1972.

KEMPER, W. D. & KOCK, E. J. Aggregate stability of soil from Western United States and Canada. Washington, United States Department of Agriculture, 1966. 52p. (Technical Bulletin, 1355).

LANARV. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, DF. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1983. 104p.

LIEBHARDT, W. C. Soil characteristics and corn yield as affected by previous applications of poultry manure. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 5(4): 459-62. 1976.

LIMA, F. A. M. & MOREIRA, E. G. S. Levantamento detalhado de solos da Fazenda Experimental da Escola de Agronomia no Vale do Curu (Parte Alta) - Segunda aproximação. Fortaleza, p.4-6. 1973. (Mimeografado).

LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R.; MEDECALF, V. C. Leaf analysis technique in coffee research. IBEC Res. Inst. Bul. 9, 1956.

LUND, Z. F. Root development in dairy manure-treated soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 7(4): 473-77. 1978.

MAGDOFF, F. & BRESLER, E. Evaluation of methods for reclaiming sodic soils. In: A. HADA et alii (ed.). Physical aspects of soil, water and salts in ecosystems. Vol. 4, 441-452. Berlin-Heidelberg-New York Springer,

1973.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; adubos e adubações. São Paulo, Ceres, p.236-75. 1959.

MATHERS, A. C. & STEWART, B. A. Corn silage yield and soil chemical properties as affected by cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 3(2): 143-47. 1974.

MATIAS FILHO, J. Recuperação de solos salino-sódicos. Fortaleza, UFC. Tese de Professor Titular, 1980. 62 fls.

McNEAL, B. L.; PEARSON, G. A.; HATCHER, J. T. & BOWER, C. A. Effect of rice culture on the reclamation of sodic soils. *Agronomy Journal*, 58: 238-240. 1966.

MIELNICZUK, J. Formas de Potássio em solos do Brail. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 1: 55-61. 1977.

MORAES, J. F. V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de óxido-redução e a disponibilidade do fósforo no solo. *Pesq. Agropec. bras. Sér., Agron.* 8: 93-101. 1972.

MORAES, J. F. V. & FREIRE, C. J. S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. *Pesq. Agropec. bras. Sér., Agron.*, 9: 35-43. 1974.

MORAES, J. F. V.; FREIRE, C. J. S.; SILVA, E. C. da. Transformações do Nitrogênio em dois solos submetidos a inundação. *Pesq. Agropec. bras. Sér., Agron.*, 10: 25-30.

1975.

- MUGWIRA, L. M. Residual effects of dairy cattle manure on millet and rye forage and soil properties. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 8(2): 251-55. 1979.
- NAVARRO, E. A. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación). Chapingo, colegio de post-graduados, 1979. 382p.
- OSTER, J. D. & FRENKEL, H. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 44: 41-45. 1980.
- OVERSTREET, R.; MARTIN, J. C.; KING, H. M. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming an alkali soil of the Fresno series. *Hilgardia* 25(5): 113-127. 1951.
- OVERSTREET, R.; MARTIN, J. C.; SHULTZ, R. K.; McLUTCHEON, O, D. Reclamation of an alkali soil of the Hacienda Serie. *Hilgardia* 24: 53-58. 1955.
- PADHI, U. C.; ODELL, R. T.; FEHRENBACHER, J. B.; SEIF, R. D. Effect of gypsum and starch on water movement and sodium removal from solonetzic soils in Illinois. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29: 227-229. 1965.
- PATELLA, J. F. Arroz em solo inundado: uso adequado de fertilizantes. Livraria Nobel S. A. 1976. 76p.
- PATRICK, JR. W. H. Nitrogen transformations in submerged soils. In: Stevenson, Frank J. (ed.). Nitrogen in agricultural soils. *Agronomy* 22. Madison, p.449-465. 1982.

PAULA, J. L. de.; COELHO, M. A.; FERREYRA, H. F. F.; ALVES, I. F. Estabilidade de Agregados em Solos Sódicos e salino-sódicos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. EMBRAPA. Boletim de Pesquisa Nº II. Rio de Janeiro. 1982.

PIZARRO, F. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Editora Agrícola Española, S.A. Madrid, 1978, 521p.

PRATHER, R. J.; GOERTZEN, J. O.; RHOADES, J. D.; FRENKEL, H. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 782-786. 1978.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 1980. 541p.

QUIRK, J. P. Chemistry of saline soils and their physical properties. In: Talsma, T. & Philip, J. R. (ed.). Salinity and water use. McMILLAN London, 1971. 79-91.

RAIJ, B. VAN. Disponibilidade de Potássio em solos do Brasil. In: Yamada T. (ed.). Potássio na agricultura brasileira: Anais; Instituto da Potassa & Fosfato. Piracicaba, 67-76. 1982.

RASMUSSEN, W. W.; MOORE, D. P.; ALBAN, L. A. Improvement of a solonetzic (slick spot) soil by deep plowing, subsoling and amendments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 137-142. 1972.

RASMUSSEN, W. W. & McNEAL, B. L. Predicting optimum depth of profile modification by deep plowing for improving saline-sodic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37:

432-437. 1973.

RICHARDS, L. A. (ed.). Diagnóstico y rehabilitación de suelos Salinos y Sódicos. 6ª ed. Editorial Limusa, México, 1974. 172p.

SHAPIRO, R. E. Effect of flooding on availability of Phosphorus and Nitrogen. *Soil Sci.* 85(4): 190-97. 1958.

SHORTALL, J. G. & LIEBHARDT, W. C. Yield and growth of corn as affected by poultry manure. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 4(2): 186-90. 1975.

SILVA, M. J. Efeito de diferentes métodos de recuperação de solo com problemas de sódio sobre a produção e componentes da produção de arroz. Viçosa, UFV, Tese de Mestrado, 1978.

SKIDMORE, E. L.; LAYTON, J. B.; ARMBRUST, D. V.; HOOKER, M. L. Soil physical properties as influenced by cropping and residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 415-419. 1986.

TANAKA, A. & NAVASERO, S. A. Carbon dioxide and organic acids in relation to the growth of rice. *Soil Sci. Pl. Nutr.* 13: 25-30. 1967.

TIARKS, A. E.; MAZURAK, A. P.; CHESNIN, L. Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38(5): 826-830. 1974.

TIBAU, A. O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 3 ed. São Paulo, Nobel. 1986. 220p.

TISDALL, J. M.; COCKROFT, B.; UREN, N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. Aust. J. Soil Res. 16: 9-17. 1978.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil Survey Laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Soil Survey Investigations Report, 1. Washington, D. C. 1967.

UNGER, P. W. Water relations of a profile-modified slowly permeable soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 492-495. 1970.

VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Bol. Téc. 7).

WEIL, R. R. & KROONTJE, W. Organic matter decomposition in a soil heavily amended with poultry manure. Journal of Environmental Quality, Madison, 8(4): 584-88. 1979a.

WEIL, R. R. & KROONTJE, W. Physical condition of a Davidson clay loam after five years of heavy poultry manure applications. Journal of Environmental Quality, Madison, 8(3): 387-91. 1979b.

WEIL, R. R.; KROONTJE, W.; JONES, G. D. Inorganic Nitrogen and soluble salts in a Davidson clay loam used for poultry manure disposal. Journal of Environmental Quality, Madison, 8(1): 86-91. 1979.