

EFEITO DA VINHAÇA EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS

TESE

Apresentado ao Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, para o Grau de "MESTRE EM CIÊNCIAS"

Waldemar de Almeida Ferreira

Março de 1980

EXAMINADORES:

GABRIEL DE ARAÚJO SANTOS

ARY CARLOS XAVIER VELLOSO

JAIR ROCHA LEAL

BIOGRAFIA DO AUTOR

WALDEMAR DE ALMEIDA FERREIRA, natural de Belém, Estado do Pará, nascido a 19 de agosto de 1946, filho de Waldemar Luiz Ferreira e Raymunda de Almeida Ferreira.

Diplomou-se, em 1971, em Químico Industrial pela Escola Superior de Química da Universidade Federal do Pará.

Prestou serviços ao I.P.E.A.N., M.A., no período de maio a dezembro de 1972.

Técnico do I.P.E.A.N., M.A. no período de 1972 a 1974.

Técnico do I.P.E.A.N. - EMBRAPA, de 1974 a 1977. No momento é pesquisador da EMBRAPA, localizado no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), em Belém.

AGRADECIMENTOS

A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), pela oportunidade concedida de realizarmos o nosso objetivo, pelo suporte financeiro e condições oferecidas para a realização deste trabalho.

Aos professores Ary Carlos Xavier Velloso, Gabriel de Araújo Santos e Jair Rocha Leal, pelas eficientes orientações prestadas durante o transcorrer deste trabalho.

Ao professor Oscar Pereyra Rossiello, pela excelente e prestimosa orientação na realização da segunda parte deste trabalho (com plantas).

À Sra. Odete de Almeida Alves, pela incansável colaboração prestada, que permitiram que pudessemos nos dedicar integralmente a realização deste trabalho.

À minha esposa Maria Enedina Magalhães Ferreira, e filhas Tatiana e Polyana, pelo encorajamento constante nos momentos mais árduos deste trabalho.

Finalmente, agradeço ao Sr. Raimundo Gonçalves Magalhães e Carmem Ferreira Magalhães, pelo estímulo, aos colegas de curso pelo amável convívio, e a todas as pessoas que de alguma maneira colaboraram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

Dedico este trabalho

À minha esposa Enedina

Às minhas filhinhas Tatiana e Polyana

À memória de meus pais.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Características químicas da vinhaça	4
2.2. Conseqüências da aplicação da vinhaça nas propriedades do solo e nutrição mineral do Milho (<i>Zea mays</i> L.).....	5
2.3. Considerações sobre a matéria orgânica no solo.....	9
2.4. O potássio no solo e seu efeito sobre o desenvolvimento das plantas.....	11
2.5. Excesso de sais no solo e seu efeito sobre as plantas.....	16
3. EFEITO DA VINHAÇA EM ALGUMAS PROPRIEDADES DOS SOLOS.....	19
3.1. Resumo	19
3.2. Introdução	20
3.3. Materiais e Métodos	22
3.3.1. Materiais	22
3.3.1.1. Solos	22
3.3.1.2. Vinhaça	23
3.3.2. Métodos	23
3.3.2.1. Métodos experimentais ..	23

	Página
3.3.2.2. Métodos Analíticos.....	26
3.4. Relatados e Discussão.....	28
4. EFEITOS SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, ÁREA FOLIAR E CARBOIDRATOS SOLÚVEIS, EM MILHO (<i>Zea mays</i> L.).....	47
4.1. Resumo.....	47
4.2. Introdução.....	48
4.3. Materiais e Métodos.....	49
4.3.1. Materiais.....	49
4.3.2. Métodos.....	50
4.3.2.1. Métodos Experimentais....	50
4.3.2.2. Métodos Analíticos	50
4.4. Resultados e Discussão.....	51
5. LITERATURA CITADA.....	59

ÍNDICE DOS QUADROS

Quadro		Página
1	Propriedades químicas dos solos	24
2	Propriedades físicas dos solos.....	25
3	Composição química da vinhaça de melaço...	29
4	Teores de cálcio, adicionados pelos tratamentos, extraídos após a incubação e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + cálcio na dose 0), nos solos.....	32
5	Teores de magnésio adicionados pelos tratamentos, extraídos após a incubação, e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + magnésio na dose 0), nos solos.....	33
6	teores de potássio, adicionados pelos tratamentos, extraídos após a incubação, e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + potássio na dose 0), nos solos.....	36
7	Teores de potássio ($\text{mEq}/100 \text{ cm}^3$) obtidos através de extrações sucessivas, nos tratamentos equivalentes a 1200 e 1600 m^3/ha dos solos após 35 dias de incubação com vinhaça de melaço.....	38

Quadro	Página
8 Resultados do C, P assimilável e pH dos solos, após 35 dias de incubação com vinhaça de mosto de melaço.....	44
9 Matéria seca total de plantas de milho(<i>Zea mays</i> L.) em grama/pote cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.....	53
10 Área foliar de plantas de milho (<i>Zea mays</i> L.) em dm ² /pote cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.....	55
11 Carboidratos solúveis em mg/g. de peso fresco, de plantas de milho (<i>Zea mays</i> L.) cultivadas em solos previamente incubados com vinhaça.....	57
12 Coeficiente de correlação linear entre condutividade elétrica do extrato de saturação e carboidratos solúveis em plantas de milho (<i>Zea mays</i> L.), cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.....	58

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura	Página
1 Variação dos valores de pH e alumínio trocável do solo Hidromórfico, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação	39
2 Variação dos valores de pH e alumínio trocável do solo Podzólico Vermelho Amarelo, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação	40
3 Variação dos valores de pH e alumínio trocável do solo Aluvial, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação	41
4 Variação dos valores da condutividade elétrica dos solos em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação	46

1. INTRODUÇÃO GERAL

Após a crise do petróleo iniciada no final de 1973, o Brasil começou a sentir as conseqüências das constantes elevações do seu preço. A metade do petróleo que importamos (80%) é usado como diesel e gasolina automotora (LEITAO, 1979). Considerando, a já estabelecida infraestrutura brasileira para produzir etanol a partir da cana-de-açúcar, e sua potencialidade como combustível para motores a explosão, o governo, criou o programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), que este ano deverá alcançar a produção de quatro bilhões de litros.

Além da cana-de-açúcar, destacam-se outras matérias primas de origem fotossintética para a produção de etanol, como a mandioca, o babaçu, o sorgo sacarino, o milho etc., mas que no entanto, ainda carecem de maiores estudos para sua utilização em larga escala. Como da destilação do vinho (produto resultante da fermentação), além do álcool, resulta um subproduto denominado vinhaça, na proporção de uma parte do primeiro para doze partes do segundo, este ano teremos que ter destino certo para os 48 bilhões de litros de vinhaça previstos pelo PROALCOOL. Sua composição básica é de 93% de água e 7% de sólidos (orgânicos e minerais), possui elevado teor de potássio e nitrogênio, total, e cálcio, magnésio e fósforo em menores concentrações. Por estas características, a vinhaça está

sendo encarada como um fertilizante orgânico e potássico em potencial. Além disto, a elevação do preço dos fertilizantes nos últimos anos parece ser irreversível, e pode servir, para reforçar ainda mais, a idéia de seu aproveitamento para esta finalidade, posto que, ela é reflexo de preços mais elevados de energia, matérias primas e transporte.

No Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (U.F.R.R.J.), a vinhaça tem sido tema de pesquisas. Já foram, inclusive, apresentados diversos trabalhos de tese, nos quais, estudaram-se os efeitos provenientes da adição de diferentes doses e tipos de vinhaças, sobre solos e rochas fosfatadas, medindo-se também, muitos parâmetros em plantas. Outros trabalhos estão em andamento tanto empregando vinhaça "in natura" como fertilizante, como caracterizando quimicamente diversas vinhaças procedentes do município de Campos. Aspectos microbiológicos advindos da adição de vinhaça ao solo. também estão sendo estudados nesta Universidade.

Levando-se em conta que no Brasil, todo o potássio empregado como fertilizante é de procedência estrangeira, e que como mencionado anteriormente, a vinhaça é rica neste elemento, as perspectivas de saída para seu uso no Brasil serão provavelmente, em primeiro lugar a da sua aplicação "in natura" e posteriormente em formas com contradas, em diversas doses e solos. Estes fatos justificam necessidade premente em se estudar aspectos que

envolvem sua aplicação ao solo, melhor conhecer o seu efeito sobre o mesmo, e o comportamento de culturas de interesse econômico nestes solos tratados com vinhaça.

Acreditamos assim, que o presente trabalho, fica plenamente justificado quando se aplica diversas doses de vinhaça em três solos, e após um período de 35 dias de incubação, mede-se o seu efeito nos mesmos e posteriormente cultiva-se plantas de milho. Com isto, mostra-se as possíveis alterações na fertilização dos solos, e as implicações decorrentes da adição de iguais doses de vinhaça, em solos com características químicas e físicas diferentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características químicas da vinhaça

A vinhaça recebe várias denominações (calda de destilaria, tiborna, garapão, restilo, vinhoto etc. de acordo com a região de produção. É um subproduto que tem sido muito propalado como fertilizante, e Almeida et alii (1950) e ainda Almeida (1952), caracterizou-a, como um material que continha mais de 93% de água, sendo que 74,85% de seus sólidos eram substâncias orgânicas. Dos seus constituintes minerais (21,15% dos sólidos), 64,47%, é constituído de potássio.

É interessante observar, que não existe uma relação quantitativa entre os teores dos vários elementos da vinhaça, Almeida et alii (1950), Bittencourt et alii (1978), Gloria (1952) e outros. Essa heterogeneidade na sua composição, é função de uma série de fatores tais como: natureza e composição da matéria prima, sistema adotado no preparo do mosto, método de fermentação utilizado e modo de conduzir a fermentação alcoólica, raça de levedura empregada, tipo de aparelho destilatório etc. (Almeida, 1952). Desta forma, as análises químicas da vinhaça devem proceder a recomendação de dosagem e adição no solo.

Segundo Granato (comunicação pessoal, 1979) os elementos nitrogênio e fósforo encontram-se em grandes proporções ligados a fase orgânica.

Bittencourt et alii (1978), constatou que estes mesmos elementos, mais o enxofre, magnésio, cálcio e potássio, encontram-se predominantemente na forma mineral.

2.2. Conseqüências da aplicação da vinhaça nas propriedades do solo e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.)

Muitos trabalhos tem sido efetuados com o objetivo de medir efeitos causados pela adição da vinhaça sobre as propriedades do solo (Rezende, 1979; Nunes, 1979; Brieger, 1977) e outros.

Camargo (1954), observou que a vinhaça causou um notável aumento da população microbiana, com predominância dos fungos *Neurospora* ssp; *Aspergillus* ssp; *Mucor* ssp e *Streptomyces* ssp. Estes fenômenos também foiam estudados por Caldas (1960), que constatou haver inicialmente um aumento temporário do número de bactérias, com diminuição posterior, a nível inferior ao inicial, aumento do número de fungos e posteriormente, diminuição, porém, conservando-se esse número ainda muito elevado com relação ao número inicial. O aumento na atividade microbiologica foi atribuído ao aumento do pH do solo (Almeida, 1953) e era um índice geral da elevação da fertilidade do solo. (Caldas, 1960).

A adição da vinhaça ao solo, além do pH, eleva também a soma de bases trocáveis causada principalmente pelo aumento do teor de Ca^{++} , Mg^{++} e K^{+} trocáveis, enquanto que o teor de Na^{+} trocável permaneceu praticamente constante (Rezende, 1979; Nunes, 1979; Stupiello et alli. 1977) e outros.

Nunes (1979) incubou um solo Podzólico Vermelho Amarelo do município de Campos, durante 35 dias, com doses crescentes de vinhaça (50, 100, 150, 200 e 400m³/ha), e não observou variação no ponto de carga zero, no tratamento que recebeu a dose mais elevada, tanto no solo tratado com nitrogênio e fósforo, como no solo sem tratamento. Houve decréscimo nos teores de alumínio trocável, fósforo assimilável e N-NO₃⁻ com o aumento das doses.

Magro & Glória (1977) concluíram dos experimentos que fizeram para adubação de soqueira de cana-de-açúcar, que a complementação da vinhaça com diferentes fontes de adubos minerais (DAP e Supertriplo, até a dose de 61 kg de P₂O₅/ha) e de pequenas quantidades de nitrogênio (até 17,5 kg de N/ha), não se justificam.

Santos et alli (1979) empregando um solo Podzólico Vermelho Amarelo, estudaram o efeito da aplicação de doses crescentes de vinhaça, sobre a germinação do milho, pH do solo, resposta desta cultura a elevação de sais na solução do solo. Os autores observaram que o efeito das doses sobre a germinação do milho, se fez sentir ao nível de 800 m³/ha, onde se observou um decréscimo na taxa de germinação de 50% e essa taxa se elevou para 65%, na dose mais elevada (1600 m³/ha). O pH tendeu a se elevar e foram observados incrementos de até 0,99 unidades de pH. As doses afetaram o peso seco das raízes e parte aérea, o máximo se verificou a 800 m³/ha e o mínima a 1600 m³/ha. Os autores encontraram correlação positiva ($r = 0,80$) do

aumento da suculência, com a % K nos tecidos. A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo variou de 0,31 mmhos/cm (dose de 50 m³/ha) até 7,95 mmhos/cm (dose de 1600 m³/ha). O aumento da % K no tecido das plantas e a variação da condutividade elétrica do extrato de saturação indicam que o aumento da suculência é uma resposta do aumento dos teores de sais na solução do solo, causado pela aplicação de elevadas doses de vinhaça, rica em potássio.

Em um experimento de campo, instalado no município de Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Rezende (1979), estudou o efeito de níveis variáveis de vinhaça (0, 60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 m³/ha) sobre diversas propriedades físicas do solo. A aplicação foi feita por caminhão e posteriormente incorporada a camada superficial até 25cm de espessura. O autor observou que a vinhaça contribuiu para a elevação da pressão osmótica da solução do solo, devido principalmente ao nitrogênio e potássio adicionado com as doses. Num período de 120 dias, as doses adicionadas não causaram variações significativas na capacidade de retenção de umidade do solo original (sem vinhaça), nem tampouco o estado de floculação das partículas do solo se modificaram.

Luisi (1979), em trabalho realizado com um solo Podzólico vermelho Amarelo, em casa de vegetação, comparou efeitos de duas fontes de potássio (vinhaça e sulfato de potássio) em presença ou ausência de nitrogênio, so-

bre a nutrição do milho, durante a fase vegetativa do crescimento. O solo recebeu doses equivalentes a 64 e 128 kg/ha de potássio, na forma de K_2SO_4 e equivalentes as quantidades contidas nos tratamentos que levaram vinhaça (50 e 100 m³/ha). Todos os tratamentos foram complementados com fósforo e micronutrientes. Dentre as suas conclusões, destacamos as seguintes: 1º) Apesar de que o solo não permitiu a expressão do efeito do potássio (tanto quanto considerado em função da matéria seca acumulada, como em padrões estacionais de acumulação de nutrientes) os resultados são consistentes, com outros resultados anteriores que indicam facilidade da substituição de uma fonte mineral de potássio por uma dose equivalente de vinhaça, sem detrimento a produção de matéria seca. 2º) Especificamente com relação a vinhaça, os nossos solos indicam que em termos de nutrição vegetal, o nitrogênio total determinado pela análise, não é bom indicador da capacidade de fornecimento desse elemento pela vinhaça. 3º) Houve respostas altamente significativa a aplicação de nitrogênio tanto na forma nítrica quanto na amoniacal, expressado tanto na acumulação de matéria seca, como em nitrogênio na parte aérea. Isto sugere que a vinhaça não contribui significativamente para o balanço de nitrogênio do sistema solo-planta considerado. 4º) A complementação da vinhaça é mais efetiva a partir do $N-NH_4^+$ do que do $N-NO_3^-$. Com relação a forma nítrica os dados sugerem uma relação complexa com a vinhaça, que merece ulteriores

verificações.

2.3. Considerações sobre a matéria orgânica no solo

Diversos trabalhos tem sido conduzidos para verificar o efeito da matéria orgânica sobre as propriedades químicas do solo. Os resultados tem indicado basicamente que os componentes ácidos provenientes da sua decomposição, são eficientes na complexação de cátions metálicos podendo assim, reduzir níveis tóxicos de alumínio no solo. A matéria orgânica, também tem sido responsabilizada por variações na CTC e disponibilidade de nitrogênio e fósforo para as plantas.

Hoyt & Turner (1975), com o objetivo de estudar o efeito da incorporação de alfafa, sucrose e turfa, sobre o teor de alumínio solúvel em água, alumínio trocável e produção de cevada; concluíram que a alfafa teve ação mais efetiva que os outros dois componentes, e que sua ação foi devida primariamente pela complexação do alumínio trocável e conseqüente diminuição de quantidades tóxicas desse elemento no solo. Os autores tiveram o cuidado de observar que a diminuição no teor de alumínio não foi devido a liberação de amônia, porque esta ocorreu antes que o teor de NH_4^+ aumentasse.

Estudando interações entre a matéria orgânica e o alumínio em um solo Hidromórfico derivado de cinzas vulcânicas, Rodrigues & Schaefer (1971), não observaram efei-

tos tóxicos do alumínio na vegetação natural, apesar de suas altas concentrações no solo, concluindo que: a acidez da camada orgânica destes solos se deve principalmente a seus compostos orgânicos e que o colóide orgânico e não o colóide mineral, atua como trocador de alumínio; a ligação colóide orgânico - colóide mineral é bastante forte; o colóide orgânico apresenta uma elevada estabilidade química frente a oxidação em meio ácido e a hidrólise ácida; os ácidos fúlvicos são a fração do humus que mais complexa e imobiliza o alumínio, e que se encontra aproximadamente 300mg de alumínio por grama da fração fúlvica.

Martin & Reeve (1960) concluíram que em Podzóis com pH entre 4.0 e 5.0, quando a relação C/Al chega a ser menor que 12, os hidratos solúveis polimerizados floculam na forma de um complexo com material humificado.

Kimpe & Martin (1976) estudaram o efeito da matéria orgânica sobre a distribuição de C, Fe e óxidos de alumínio no horizonte B spódico de 10 Podzóis. Após o fracionamento da matéria orgânica, os autores acharam que os ácidos fúlvicos continham em média, 52% de carbono e nos complexos orgâno-metálicos mais de 90% do ferro e alumínio.

Igue & Fuentes (1972), mostraram que o alumínio trocável em Andossolos, extraído com sucessivas extrações de KCl não tamponado, foi baixo quando comparado com o alumínio extraído com solução de NH_4OAc N tamponado a bai-

xos valores de pH. Concluíram assim, que nestes solos, bem desenvolvidos, parte do alumínio não trocável pode ser liberado de formas organicamente complexadas.

Mortensen (1963), procura dar sua contribuição para o entendimento da complexação de metais pelos componentes da matéria orgânica do solo e sugere tipos de compostos muitos dos quais tem sido mostrados presentes nos solos e quelatam metais. Assim, admite que a matéria orgânica forma complexos com metais por reações de troca iônica, adsorção superficial, quelatação, coagulação de complexos, e peptização, e que, grupos carboxílicos, hidroxílicos e amílicos, provavelmente são envolvidos como ligantes nos componentes poliméricos da matéria orgânica que quelatam metais.

McLean, Reicosky & Lakshmanan (1965), incubaram sete solos superficiais de Ohio, com pouco, sem calcáreo e com calcáreo suficiente para neutralizá-lo fracamente. Em seguida, analisaram os solos para CTC pH permanente e pH dependente. Eliminaram a matéria orgânica e uma nova análise revelou mudanças nas CTC, que pareceram resultar da ativação ou inativação dos sítios de troca, inicialmente causada pelo alumínio.

2.4. O potássio no solo e seu efeito sobre o desenvolvimento das plantas.

Numa revisão sobre trabalhos conduzidos em solos brasileiros abordando aspectos de mineralogia, intemperização de minerais potássicos e formas de potássio no solo, Mielniczuk (1977) admite que existe no Brasil um grande número de trabalhos conduzidos nesta área de conhecimen-

to. No entanto, a maioria deles aborda aspectos isolados de K no solo, omitindo determinações e caracterizações que possibilitariam um estudo comparativo. Há também uma grande diversidade de metodologia adotada na caracterização e classificação dos solos, dificultando um estudo interpretativo a nível nacional, e o autor sugere um projeto com metodologia padronizada a nível nacional, incluindo as principais unidades de solo já caracterizadas.

As sugestões acima mencionadas, de certa forma são abrangentes para trabalhos nos quais o potássio é o elemento predominantemente adicionado em várias, doses de vinhaça, a diferentes solos, simultaneamente.

Paje et alli (1963), conduziram um experimento em casa de vegetação, e observaram que a fixação de potássio adicionado ao solo foi a razão pela qual altas aplicações de K são requeridas em áreas de cultivo de algodão, na Califórnia. Em dois solos da área com problema, que foram tratados com potássio, a taxas variando de 0 a 400 ppm de K, não foram observadas respostas pela análise de planta, sintomas ou produções, até a dose de 1600 ppm de potássio. A CTC e a fixação de Rb, depois do cultivo, mostraram um decréscimo como função do potássio adicionado. Desprezando o potássio absorvido pela cultura e considerando que a diminuição foi exclusivamente devida a fixação, 63 a 67% do potássio adicionado foi fixado. Solos como os estudados por estes autores, refletem as características

dos de regiões temperadas, provavelmente com predominância de argilas silicatadas como a vermiculita e montmorilonita, as quais podem fixar potássio nas intercamadas. No entanto mesmo em países tropicais, se houver a presença destas argilas no solo, o fenômeno de fixação ocorrerá, e sua intensidade será proporcional ao teor das argilas nos solos em questão.

Além da fixação, Alexander (1965), admite a hipótese de parte da fração de potássio não trocável, é de origem microbiana, pois o elemento é essencial para o crescimento de todas os microorganismos, e que, cerca de 2% do peso seco das bactérias é constituído de potássio, enquanto o micélio dos fungos pode conter até 1% do elemento.

Com respeito a sua importância, no desenvolvimento de plantas, vários trabalhos tem sido conduzidos e níveis ótimos tem sido propostos para diferentes culturas.

Mesmo sendo rara a presença de altas concentrações de potássio na solução do solo, se tem informações de efeitos tóxicos por esta causa, através de trabalhos em casa de vegetação. Há evidências de que o excesso de potássio, pode reduzir-se como no caso do magnésio, se equilibrado com altas concentrações de cálcio. As altas concentrações de potássio podem também induzir deficiência de magnésio (Boyton & Burrell, 1944) e clorose por falta de ferro (Nalsh & Clarke, 1942).

Trabalhando com solução nutritiva, Fagéria (1976),

cultivou plantas de arroz por 125 dias, às concentrações de potássio mantidas na faixa de 51 a 1534 mM. A concentração ótima para o máxima crescimento foi 256 mM. Em geral, o conteúdo desse elemento na parte aérea como uma percentagem do teor total, não variou apreciavelmente nem a diferentes concentrações nem a diferentes idades. Quando a concentração da solução aumentou a utilização do potássio (produção de matéria seca por conteúdo de unidade de potássio) decresceu. A razão entre a taxa de crescimento relativo e a taxa de absorção relativa variou de 1,4 durante a primeira fase de crescimento, para 1,3 na maturidade da cultura. Elevadas taxas, indicam um suprimento de nutrientes insuficiente, taxas reduzidas, no entanto, indicam ou um abundante crescimento ou um efeito depressivo da solução no crescimento.

Ahlgren (1941), num estudo com trevo branco ladiño, em solução nutritiva, para determinar, o efeito de várias concentrações de potássio e a influência da taxa de suprimento de potássio na cultura e produção de trevo branco, dentre as suas observações, constatou que houve um aumento de peso seco da parte aérea, quando a concentração da solução de potássio aumentou de 1 para 256 ppm.

Asher & Ozanne (1966), estudaram a resposta de 14 cultivos e pastagens, com solução nutritiva, na faixa de concentração de 1 a 1.000 mM. Aumentando a concentração de potássio na solução, aumentou a produção e conteúdo de potássio na parte aérea e raízes, mas diminuiu

razão raiz parte aérea, e a percentagem de peso seco da parte aérea e raiz.

Em um trabalho clássico no qual Wall (1940), cultivou plantas de tomate em solução nutritiva, contendo N-NH_4^+ com e sem potássio. O autor mostrou que a deficiência de potássio causou acumulação de amônia, amida e amina, enquanto a concentração de proteína decresceu e caiu para valores menores que nas supridas com potássio. Os resultados indicaram que o metabolismo de nitrogênio foi afetado pela deficiência de potássio, primeiro que o metabolismo de carboidratos. Observou ainda, que o teor final no conteúdo de carboidratos de plantas deficientes em potássio, podia ser devido a uma necessidade do elemento, na assimilação do CO_2 ou a efeitos indiretos na produção do protoplasma, pela interferência com o metabolismo do nitrogênio das plantas deficientes em potássio.

Malavolta (1979), também cita, dentre as funções do potássio, a responsabilidade pela turgidez celular e abertura e fechamento dos estômatos, em acordo com a sugestão de Asher & Ozane (1966), de que o elemento tem influência na assimilação do CO_2 .

Stupiello et alli (1977), verificaram que a aplicação de altas doses de potássio (adicionado pela vinhaça), quando de sua adição ao solo (cana soca), foi o principal responsável pelo aumento no teor de cinzas no caldo e acarretou problemas no decorrer do processamento, especialmente na cristalização da sacarose, atuando como, fator

melassigênico. Os autores consideraram ainda que o potássio aparecendo em proporções muito elevadas nas cinzas do caldo, e não sendo removido durante o processamento para obtenção de açúcar, poderia comprometer a qualidade do produto final, através ao parâmetro cinzas.

2.5. Excesso de sais no solo e seu efeito sobre as plantas

O Laboratório de Salinidade de Solos dos Estados Unidos (1977), admite que a intemperização dos minerais primários seja a fonte indireta de quase todos os sais solúveis, pois existem poucos exemplos, nos quais se tenha acumulado suficiente quantidade de sal desta origem, para formar um solo salino. De uma maneira geral, os sais solúveis se concentram em locais afastados do material originário, trazidos por agentes de transporte, como o vento, a água dos mares e as águas subterrâneas. Solos salinos são definidos, como aqueles cuja condutividade elétrica do extrato de saturação é maior que 4 mmhos/cm à 25°C, possuem taxa de adsorção de sódio (SAR) menor que 14, e pH menor ou igual a 8,4.

Investigadores como Hayard & Spurn (1944), Wadleigh & Ayers (1945) e outros, demonstraram que a pressão osmótica da solução do solo está relacionada com a velocidade de absorção de água pelas plantas e o crescimento das mesmas nos solos salinos.

Estas hipóteses tem sido confirmadas, e mais recentemente Oertli (1966), demonstrou que a diferença de pressão osmótica ou outra propriedade coligativa entre tensão da raiz e meio externo, dependem da concentração da solução externa. A pressão osmótica diferencial eleva-se para o máxima, com o aumento da concentração externa, e depois disso, decresce e torna-se negativa.

Prisco, Souto & Ferreira (1978). trabalhando em condições controladas submeteram ou não, sementes de sorgo a tratamento de hidratação e desidratação e em seguida cultivaram-nas em água destilada ou em solução de NaCl ou Na_2SO_4 . Constataram que quando as sementes não foram submetidas ao tratamento de hidratação e desidratação, os sais inibiram a germinação e vigor das plantas, e causaram aumento na percentagem de plantas anormais. Por outro lado, nenhum dos sais inibiu a germinação das sementes nem aumentou a percentagem de plantas anormais quando as sementes foram submetidas ao tratamento de hidratação e desidratação. Entretanto, este tratamento não foi efetivo para superar o efeito inibitório tanto do NaCl, como do Na_2SO_4 , sobre o vigor das plantas.

Heiseal (1977), utilizando técnica de cultivo em areia, verificou o efeito de soluções salinas, sobre o teor de água e elementos minerais de folhas de açafrão, girassol, trigo e rabanete. As soluções salinas foram preparadas pela adição de NaCl e CaCl_2 à solução nutriti-

va de Pfeffer, e os resultados foram assim resumidos: o conteúdo de água das folhas de trigo não foi afetado pela salinidade, enquanto que o das folhas de açafroa, girasol e rabanete, decresceu significativamente a altos níveis de salinidade (6000 ppm).

3. EFEITO DA VINHAÇA EM ALGUMAS PROPRIEDADES DOS SOLOS

3.1. Resumo

Incubou-se três solos, durante 35 dias, com doses equivalente à 200, 400, 800, 1200 e 1600 m³/ha, de vinhaça de melaço. Os solos foram um Podzólico Vermelho Amarelo (Typic Paleudult) de textura média, um Aluvial de textura argilosa e um solo Hidromórfico (Abruptic Arenic Ochraqult) de textura arenosa. O solo Podzólico Vermelho Amarelo e o Aluvial, são representativos do município de Campos, enquanto que o Hidromórfico localiza-se na área do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (U.F.R.R.J.).

O pH dos três solos aumentou com as doses crescentes de vinhaça e o maior efeito foi no solo Hidromórfico, onde houve um incremento de 2,1 unidades na dose de 1600 m³/ha, em relação a testemunha (dose 0). Nos outros dois solos, somente ao nível de 1600 m³/ha, o solo Aluvial apresentou um maior incremento que o Podzólico Vermelho Amarelo (0,7 unidades), em relação a testemunha.

Nos três solos, decréscimos nos teores de Alumínio trocável, acompanharam os aumentos das doses. O carbono aumentou, acompanhando as doses e nos três solos, o maior incremento ocorrido, em relação a testemunha, foi de aproximadamente 0,2%, na dose de 1600 m³/ha.

Os teores de cálcio, magnésio e potássio, aumentaram com as doses de vinhaça aplicada. A percentagem

de cálcio extraída, em relação ao teor final (cálcio adicionado pela dose + teor de elemento na dose 0), indicou que praticamente todo o cálcio (teor final) do solo, foi extraído, pois as pequenas diferenças provavelmente não foram significativas. Para o magnésio, a tendência foi dos teores extraídos superarem os teores finais, enquanto que para o potássio, as percentagens extraídas foram sempre menores que os teores finais.

A condutividade elétrica do extrato de saturação, após o período de incubação dos solos, aumentou com as doses. Os maiores aumentos ocorreram no solo Hidromórfico, seguido do Podzólico Vermelho Amarelo, e enquanto que o solo Aluvial não foi salinizado nem na dose de 1600 m³/ha. Isto indicou que o teor de argila foi quem regulou este parâmetro. Os teores de fósforo assimilável mantiveram-se constantes com as doses aplicadas, com excessão no solo Hidromórfico, onde os maiores aumentos em relação a testemunha, foram de 3 e 2 ppm, nas doses de 1200 e 1600 m³/ha de vinhaça, mas que só foi significativa na dose de 1200 m³/ha.

3.2. Introdução

Nas regiões tropicais, onde há predominância de minerais cauliníticos, e potássio, normalmente não apresenta problemas de fixação entre camadas de argilas, ao

contrário, do que ocorre com argilas silicatadas do tipo 2:1, como a ilita e a vermiculita.

Considerando-se que a maior proporção do potássio do solo encontra-se na rede cristalina de minerais como, feldspatos (Ortoclásio e Mecroclina), micas (Biotita e Muscovita) e argilas micáceas, é comum encontrar solos deficientes em potássio, visto que, é de se esperar que a maioria dos minerais potássicos sejam rapidamente intemperizados e o elemento lixiviado com relativa facilidade, principalmente em áreas com elevada pluviosidade. Além disto o aparecimento das deficiências é acelerado pela intensificação dos cultivos, ou seja, a redução ou supressão dos períodos de repouso dos solos, e a adoção de variedades melhoradas mais exigentes.

Levando-se em conta a necessidade de adubação potássica nos solos do Brasil, e que a vinhaça é um subproduto que vem causando problemas sociais e ecológicos, de poluição nos cursos d'água, nada mais lógico do que se pensar em aproveitar o seu potencial como fertilizante mineral (potássio principalmente), e orgânico.

A prática do despejo da vinhaça nos rios já é vedada por dispositivos legais desde 1934, no entanto, com o incremento na produção de álcool, criado pelo Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL), a fiscalização por parte dos órgãos governamentais acentuou-se, estimulando desta forma, que se de destino adequado no grande volume de

vinhaça produzido e que tenderá a aumentar. Desta forma, teremos aplicações de vinhaça em diversas doses em solos de diferentes regiões.

Com base nestes fatos, o propósito deste trabalho, é investigar o efeito da adição de doses crescentes de vinhaça em propriedades de três solos, de diferentes texturas.

3.3. Materiais e Métodos

3.3.1. Materiais

3.3.1.1. Solos

Os solos empregados neste estudo, foram três solos coletados no Estado do Rio de Janeiro. São solos de diferentes texturas, cujas características químicas e físicas são apresentadas nos Quadros 1 e 2 respectivamente.

Os estudos foram conduzidos em amostras superficiais compostas, coletadas até 20 centímetros de profundidade, e os três solos estudados são assim caracterizados:

I. Hidromórfico cinzento distrófico (Abruptic Arenic Ochraquult) Ramos et alii, 1973.

Textura arenosa, coletado na área do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (U.F.R.R.J)

II. Podzólico Vermelho Amarelo (Typic Paleudult), (Ramos, D.P., comunicação pessoal).

Textura argila arenosa, desenvolvida a partir

de sedimentos não consolidados da formação terciária, ocorrendo em relevo suave ondulado, representativo da região canavieira do município de Campos, R.J., coletado na Usina Outeiro.

III. Solo Aluvial, desenvolvido sobre aluviões recentes, ocupando relevo plano com micro relevo, textura argila. Este solo apresenta a má drenagem como limitação.

3.3.1.2. Vinhaça

Foi utilizada vinhaça de mosto de melaço, coletada na Usina São João, em Campos, R.J., cujas características químicas são apresentadas no Quadro 3.

3.3.2. Métodos

3.3.2.1. Métodos Experimentais

Em vasos plásticos contendo dois litros de amostra de terra fina seca ao ar (T.F.S.A.) dos três solos adicionou-se vinhaça em doses equivalentes a 0, 200, 400, 800, 1200 e 1600 m³/ha. Todas as doses tiveram seu volume final corrigido com água destilada ao volume da dose equivalente a 1600 m³/ha. Após a aplicação, o conteúdo de cada vaso foi seco ao ar durante uma semana, homogeneizado, peneirado novamente em tamis de 2mm de diâmetro

QUADRO 1. Propriedades químicas dos solos

	Solo		
	Hidromórfico	P.V.A.	Aluvial
pH (H ₂ O)	4,9	5,0	5,1
pH (KCl)	3,8	4,1	5,0
C (%)	0,6	1,2	1,1
M.O. (%)	1,1	2,1	1,9
Ca (mEq/100 cm ³)	0,40	2,45	5,04
Mg "	0,11	0,90	3,51
K "	0,06	0,22	0,34
Al "	0,40	0,41	0,67
P (ppm)	6,0	16,7	8,7

QUADRO 2. Propriedades físicas dos solos

		Solo		
		Hidromórfico	P.V.A.	Aluvial
Composição granulométrica	(%)			
Areias (total)	"	92,1	59,8	5,8
Silte	"	2,4	2,8	42,7
Argila total	"	5,5	37,4	51,5
Argila natural	"	1,5	32,2	34,3
Densidade aparente		1,59	1,36	1,13
Umidade 1/3 atm.		18,62*	14,88	41,60
Condutividade elétrica do extrato de saturação, mmhos/cm, 25°C		0,18	0,62	0,41

* Umidade a 1/10 atm.

de malha, e incubado por 35 dias em casa de vegetação. A umidade foi controlada em torno de 80% da capacidade de campo de cada solo, através da pesagem diária de cada pote. Para o Solo Hidromórfico, a capacidade de campo foi considerada à 1/10 atm e para os demais à 1/3 atm.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento.

3.3.2.2. Métodos Analíticos

Solo

As análises de caracterização dos solos, bem como às realizadas nos tratamentos após o período de incubação, foram determinadas como segue.

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, foram extraídos com solução 1N de cloreto de potássio. O cálcio e magnésio foram dosados com solução de Na₂-EDTA 0,0125N e o alumínio com solução de NaOH 0,05N.

O potássio foi extraído com solução de HCl 0,05N e dosado por fotometria de chama.

O fósforo assimilável foi extraído pelo método de Carolina do Norte. O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley & Black, descrito por Jackson (1958).

O pH foi determinado numa suspensão 1:2,5 (água ou KCl: solo).

A análise granulométrica foi feita pelo método

da pipeta, utilizando hidróxido de sódio como agente dispersante. Detalhes sobre o método da pipeta são apresentados por Day (1965).

A condutividade elétrica foi determinada a 25°C, no extrato de saturação, e medida em uma ponte de leitura direta com correção automática de temperatura (métodos 3a e 4b propostos pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, 1974).

As extrações sucessivas de potássio, foram feitas da seguinte maneira. Agitou-se 4 gramas de terra com 40 mililitros de HCl 0,05N (em tubo de centrífuga), durante 30 minutos, em agitador horizontal. Deixou-se o material em repouso durante uma noite e dosou-se o potássio em fotômetro de chama. Após cada série de leituras, descartava-se o supernadante, adicionava-se novamente o extrator ao resíduo, e procedia-se como mencionado anteriormente. As extrações foram realizadas nos tratamentos equivalentes a 1200 e 1600 m³/ha dos três solos, e repetidas por seis vezes (Quadro 8).

Vinhaça

Na vinhaça o potássio foi dosado por fotometria de chama, no supernadante de uma alíquota centrifugada por 30 minutos à 15.000 r.p.m.

Para determinação do cálcio, magnésio e fósforo total, calcinou-se uma alíquota (25ml) à 560°C durante 16

horas, as cinzas foram dissolvidas com HCl concentrado e o volume, diluído com água deionizada para 200ml. O cálcio e magnésio foram dosados com Na₂-EDTA. O fósforo total foi determinado pelo método colorimétrico vanado-molibdico (Jackson, 1958). O carbono foi determinado pelo método de Walkley-Black, descrito por Hesse (1971).

3.4. Resultados e Discussão

Cálcio e Magnésio

As características químicas e físicas dos solos, antes de terem sido submetidos aos tratamentos são mostradas nos Quadros 1 e 2. Os teores de cálcio e magnésio para os Solos Podzólico Vermelho Amarelo e Aluvial podem ser considerados elevados, principalmente no solo Aluvial, onde a soma de cálcio mais magnésio atinge 8,55 mEq/100 cm³. Isto pode ser atribuído a calagem realizada nestes solos, visto que, na área onde foram coletadas as amostras, se vem cultivando cana-de-açúcar há algum tempo. O solo Hidromórfico, apresenta baixos teores de cálcio e magnésio. A ausência de cultivo sistemático no local onde foi realizada a amostragem deste solo (pastagem natural), associada a sua textura arenosa, provavelmente concorreram para a lixiviação destes elementos.

O pH do solo Aluvial (5.1) não reflete suas altas concentrações de cálcio e magnésio, sugerindo um ele-

QUADRO 3. Composição química da vinhaça de melaço.

pH	3,6
Condutividade elétrica (mmhos/cm) a 25°C	5,9
Carbono total (%)	1,6
Fósforo total (ppm)	26
Potássio "	1150
Cálcio "	545
Magnésio "	238

vado poder tampão para esse solo, o qual, pode ser atribuído a 51,5% de argila (Quadro 2), associada a matéria orgânica (1,9%). Para o solo Podzólico Vermelho Amarelo, a presença de 2,1% de matéria orgânica e 37,5% de argila, indica um comportamento intermediário, entretanto, bastante superior ao solo Hidromórfico (5,5% de argila e 1,1% de matéria orgânica).

Nos Quadros 4 e 5, são mostrados os teores de cálcio e magnésio, adicionados pelos tratamentos, os teores extraídos com KCl após a incubação dos solos, e as percentagens extraídas em relação ao teor final (cálcio ou magnésio adicionados pelos tratamentos + cálcio ou magnésio na dose 0), nos três solos. Pode-se observar que os três solos se comportaram de forma semelhante com relação à extração desses elementos, ou seja, os teores de cálcio e magnésio, aumentaram acompanhando as crescentes doses de vinhaça. A percentagem de cálcio extraída em relação ao teor final, no solo Aluvial e Podzólico Vermelho Amarelo (P.V.A.), indicam que nem todo cálcio adicionado, foi extraído, no entanto, estas diferenças, provavelmente não foram significativas. Para o solo P.V.A. nos tratamentos correspondentes a 200 e 400 m³/ha, os valores de cálcio obtidos, subestimaram a percentagem extraída, em aproximadamente 5,5%, enquanto que nos tratamentos de 800 e 1200 m³/ha, esta variação foi de aproximadamente 3,9 e 1% respectivamente.

Para o solo Hidromórfico, observa-se que os valores de cálcio se apresentaram menos uniformes, indicando que nesse solo, os fatores que determinaram essa variação foram bem mais acentuados.

Com respeito ao magnésio, nota-se a mesma tendência nos três solos, sendo que, as percentagens extraídas desse elemento, são de maneira geral superiores aquelas adicionadas nos diversos tratamentos, mais os teores de magnésio existente nos solos. Entretanto, como no caso do cálcio, discutido anteriormente, é provável, que de um modo geral, estas diferenças não tenham sido dignificativas.

Solos incubados, principalmente com nutrientes orgânicos rapidamente oxidáveis, conduzem a significantes mobilizações de certos elementos, como cálcio e magnésio, e a quantidade solubilizada aumenta com o tempo. Se carbono orgânico é adicionado ao solo, esses elementos aparecem mais rapidamente na solução do solo. Além disto, em solos com boa drenagem, a produção biológica de ácidos sulfúrico e nítrico pode também aumentar a quantidade solubilizada destes elementos (Alenxander, 1965).

A liberação de formas não disponíveis, no caso de uma superestimativa do teor extraído, em relação ao teor existente nos tratamentos (teor final), ou fixação nos casos contrários, por si só, não nos parece uma justificativa conveniente. Provavelmente, a metodologia contribui para os resultados encontrados. Os três solos rece-

QUADRO 4. Teores de cálcio, adicionados pelos tratamentos, extraídos após a incubação, e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + cálcio na dose 0), nos solos.

Tratamentos (m ³ /ha)	Adicionado	Extraído			Teor final			Extraído (%)		
		Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial
		mEq/100 cm ³			T.F.S.A.					
0	0	0,32	2,27	5,07	0,32	2,27	5,07	100	100	100
200	0,27	0,61	2,43	5,33	0,59	2,54	5,34	103,39	95,67	99,81
400	0,54	1,14	2,62	5,48	0,86	2,81	5,61	132,56	93,24	97,68
800	1,08	1,50	3,22	5,99	1,40	3,35	6,15	107,14	96,12	97,40
1200	1,62	2,16	3,85	6,26	1,94	3,89	6,69	110,31	98,97	93,57
1600	2,18	2,99	4,65	7,07	2,50	4,45	7,25	119,60	104,49	97,52
DMS a 5%										
p/ teste										
de Tukey	0,175	0,430	0,531	-	-	-	-	-	-	-

QUADRO 5. Teores de magnésio adicionados pelos tratamentos, extraídos após a incubação, e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + magnésio na-dose 0), nos solos.

Trata- mentos (m ³ /ha)	Adicio- nado	Extraído			Teor final			Extraído (%)		
		Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial
		mEq/100 cm ³			T.F.S.A.					
0	0	0,24	0,94	3,70	0,24	0,94	3,70	100	100	100
200	0,2	0,50	1,21	3,96	0,44	1,14	3,90	113,64	106,14	101,54
400	0,4	0,61	1,63	4,00	0,64	1,34	4,10	93,51	121,64	97,56
800	0,8	1,28	2,24	5,10	1,04	1,74	4,50	123,08	128,74	113,33
1200	1,2	1,74	2,43	5,14	1,44	2,14	4,90	120,83	113,55	104,90
1600	1,6	2,66	2,79	7,23	1,84	2,54	5,30	144,57	109,84	136,42
DMS a 5%										
p/ teste										
de Tukey										
		0,152	0,305	0,595	-	-	-	-	-	-

beram as mesmas doses de vinhaça, no entanto, considerando-se cada solo isoladamente, volumes diferentes de vinhaça foram aplicados em cada pote. Para se corrigir o volume de água (adicionada pelas doses), todos os tratamentos foram acrescidos de água, até que o volume final correspondesse a dose mais elevada ($1600 \text{ m}^3/\text{ha}$ ou $1600 \text{ ml}/2 \text{ litros}$ de solo). Isto evidentemente, proporcionou aos solos, um período de inundação, cuja intensidade variou entre eles, dependendo de suas capacidades de retenção de umidade. Possivelmente, os teores de cálcio e magnésio na solução do solo, foram afetados pelos fatores mencionados anteriormente, referentes a Alenxander (1965).

Potássio

No Quadro 6, são mostrados os teores de potássio, adicionados pelos tratamentos, os teores extraídos com $\text{HCl } 0,05\text{N}$, e a percentagem extraída em relação ao teor final (potássio adicionado pelos tratamentos + potássio na dose 0), nos três solos.

Nos três solos, a tendência foi sempre a mesma, ou seja, parte do potássio não é extraído após o período de incubação o solo que mais reteve potássio foi o Aluvial. Entre o solo Podzólico Vermelho Amarelo e o Hidromórfico o primeiro reteve mais potássio que o Hidromórfico, somente nos tratamentos equivalentes as doses de 200 e $400 \text{ m}^3/\text{ha}$. Justificar estes resultados como sendo fixa-

ção do elemento pelo solo não seria correto, pois somente no solo Aluvial, a análise mineralógica revelou argilas do grupo 2:1 (Velloso, informação pessoal). Também não se encontrou na literatura especializada, informações de que possam ocorrer formação de compostos insolúveis de potássio, que não tenham reagido ao extrator utilizado. O elemento também não é fixado pela matéria orgânica (Mielniczuk, 1978).

Alenxander (1965), admite que cerca de 2% do peso seco das bactérias é constituído de potássio, e que o micélio dos fungos pode conter até 1% do elemento. O autor, considera ainda, que a quantidade de potássio não trocável no solo, varia mesmo quando o ambiente físico e químico é mantido relativamente constante. A hipótese de que parte desta fração (potássio não trocável) é imobilizada dentro do ambiente protoplasmático tem evoluído e assim aceita-se que os microorganismos tem participação no potássio disponível. Estes fenômenos, se acentuam quando grandes quantidades de materiais energéticos são adicionados, pois, a síntese celular é rápida, e a demanda por nutrientes é grande.

Além da imobilização microbiológica, consideramos, como no caso do cálcio e magnésio que a metodologia adotada, também tenha concorrido para os resultados encontrados. O potássio, é um elemento bastante solúvel e móvel no solo, por isto, existe a possibilidade de que fração do elemento possa ter se depositado no fundo dos

QUADRO 6. Teores de potásio, adicionados pelos tratamentos. extraídos após a incubação, e percentagens extraídas em relação ao teor final (adicionado + potásio na dose 0). nos solos.

Tratamentos (m³/ha)	Adicionado	Extraído			Teor final			Extraído (%)		
		Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial
					mEq/100	cm³	T.F.S..A.			
0	0	0,08	0,27	0,42	0,08	0,27	0,42	100	100	100
200	0,29	0,24	0,39	0,45	0,37	0,56	0,71	64,86	69,64	63,38
400	0,58	0,43	0,57	0,63	0,66	0,85	1,00	65,15	67,06	63,00
800	1,16	0,80	0,91	0,87	1,24	1,43	1,58	64,52	63,64	55,06
1200	1,74	1,09	1,02	0,94	1,82	2,01	2,16	58,89	50,75	43,52
1600	2,32	1,47	1,36	1,11	2,40	2,59	2,74	61,25	52,51	40,51
DMS a 5%										
p/ teste										
de Tukey		0,231	0,079	0,116	-	-	-	-	-	-

potes e não ter sido retirada no momento da amostragem, para as análises, embora tenham sido tomados todos os cuidados possíveis para evitar este inconveniente.

No Quadro 7, temos os resultados das extrações sucessivas de potássio, nos tratamentos correspondentes à 1200 e 1600 m³/ha de vinhaça, de cada solo.

Os resultados indicam claramente, que praticamente todo o potássio existente em cada solo, havia sido extraído na primeira extração. Os teores obtidos na 2ª extração, caíram para níveis equivalentes aos da 3ª extração, quando intercalou-se entre as duas primeiras, uma extração com água deionizada, concluindo-se que tratava-se de contaminação da amostra com os restos da 1ª extração, principalmente no solo Aluvial, que possui uma elevada capacidade de reter umidade.

Estes resultados, tornaram-se importantes porque asseguraram o pré-suposto, de que não havia ocorrido formação de compostos de potássio, pouco volúveis, os quais não haviam reagido ao extrator utilizado (HCl 0,05N).

pH e Alumínio

A variações de pH e Alumínio dos três solos, após os tratamentos com vinhaça, são apresentadas nas figuras 1, 2 e 3. O solo Hidromórfico é o que apresenta maior variação de pH entre tratamentos, atingindo a diferença de 2,1 unidades em relação a tetemunha (dose 0), e o nível

QUADRO 7 - Teores de potássio (mEq/100 cm³) obtidos através de extrações sucessivas, nos tratamentos equivalentes a 1200 e 1600 m³/ha. dos solos, após 35 dias de incubação com vinhaça de melaço.

		EXTRAÇÕES					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Hidromórfico	(1)	0,90	0,04	0,003	0,003	0,003	0,002
Hidromórfico	(2)	1,51	0,07	0,003	0,003	0,003	0,002
P.V.A.	(1)	1,04	0,08	0,01	0,009	0,009	0,005
P.V.A.	(2)	1,53	0,12	0,01	0,009	0,009	0,005
Aluvial	(1)	0,90	0,31	0,10	0,07	0,07	0,007
Aluvial	(2)	1,10	0,54	0,10	0,10	0,08	0,007

(1) Dose equivalente a 1200 m³/ha

(2) Dose equivalente a 1600 m³/ha

Figura 1 - Variação dos valores de pH e alumínio trocável ao solo Hidromórfico, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação.

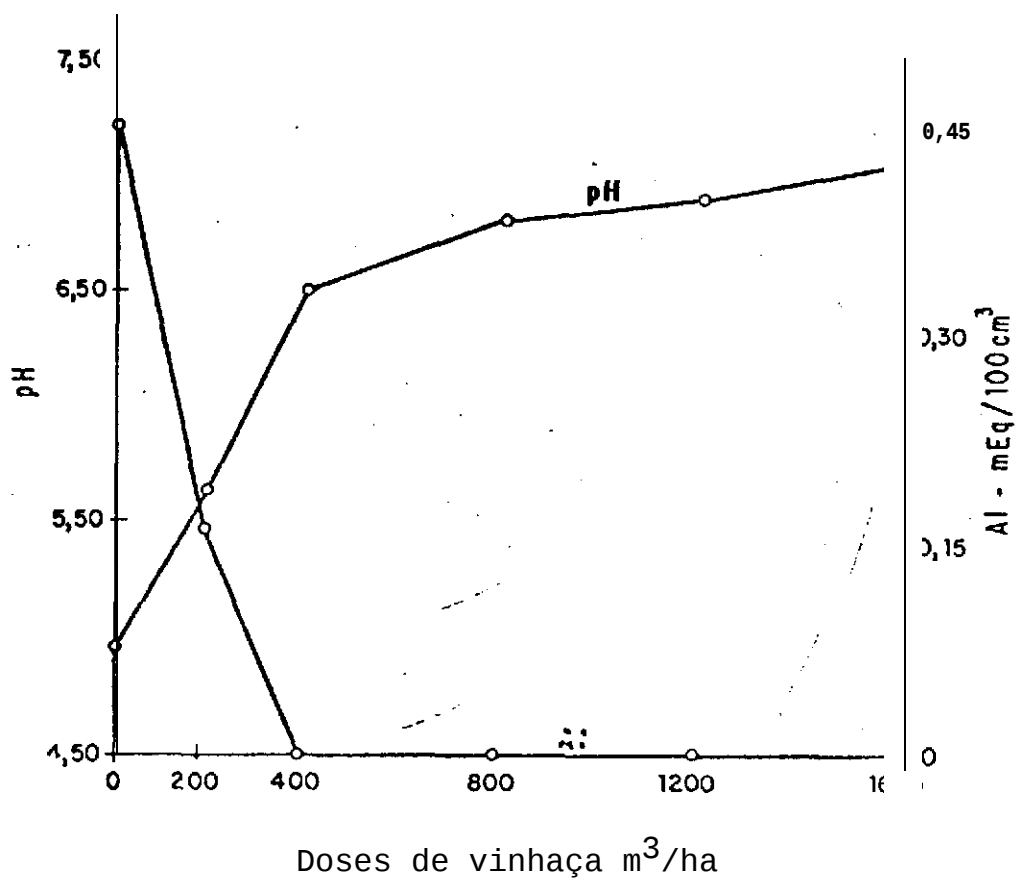


Figura 2 - Variação dos valores de pH e alumínio trocável do solo Podzólico Vermelho Amarelo, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação.

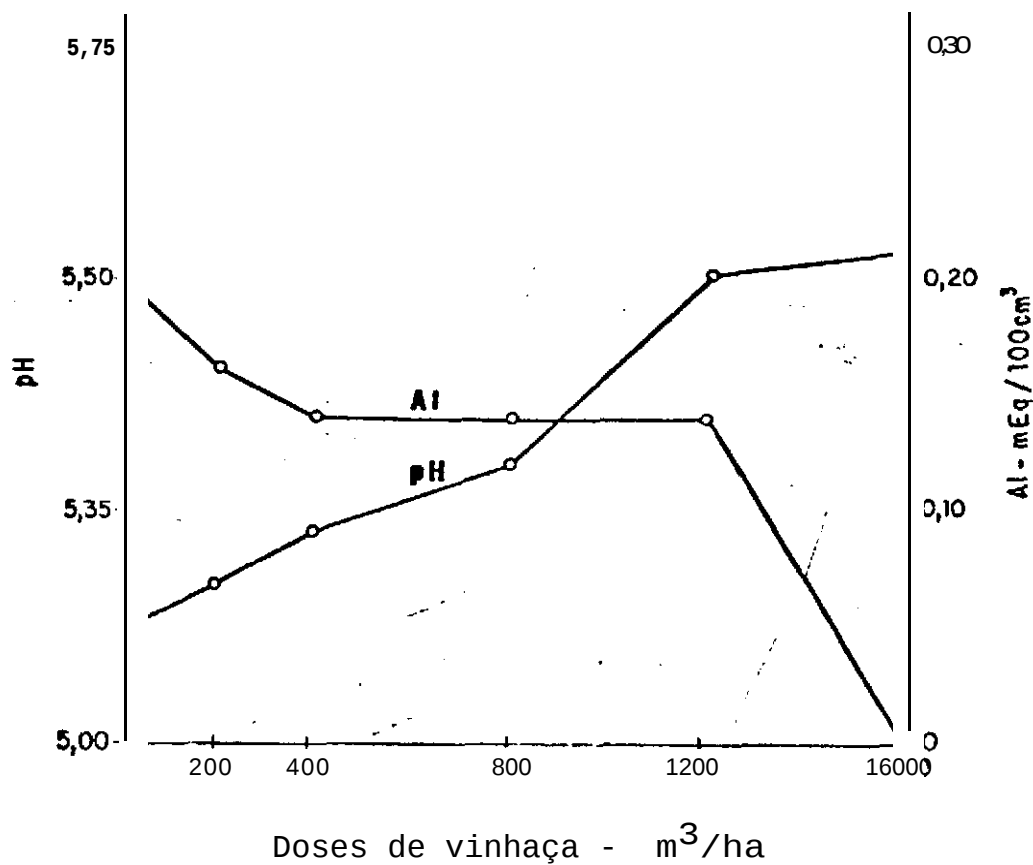
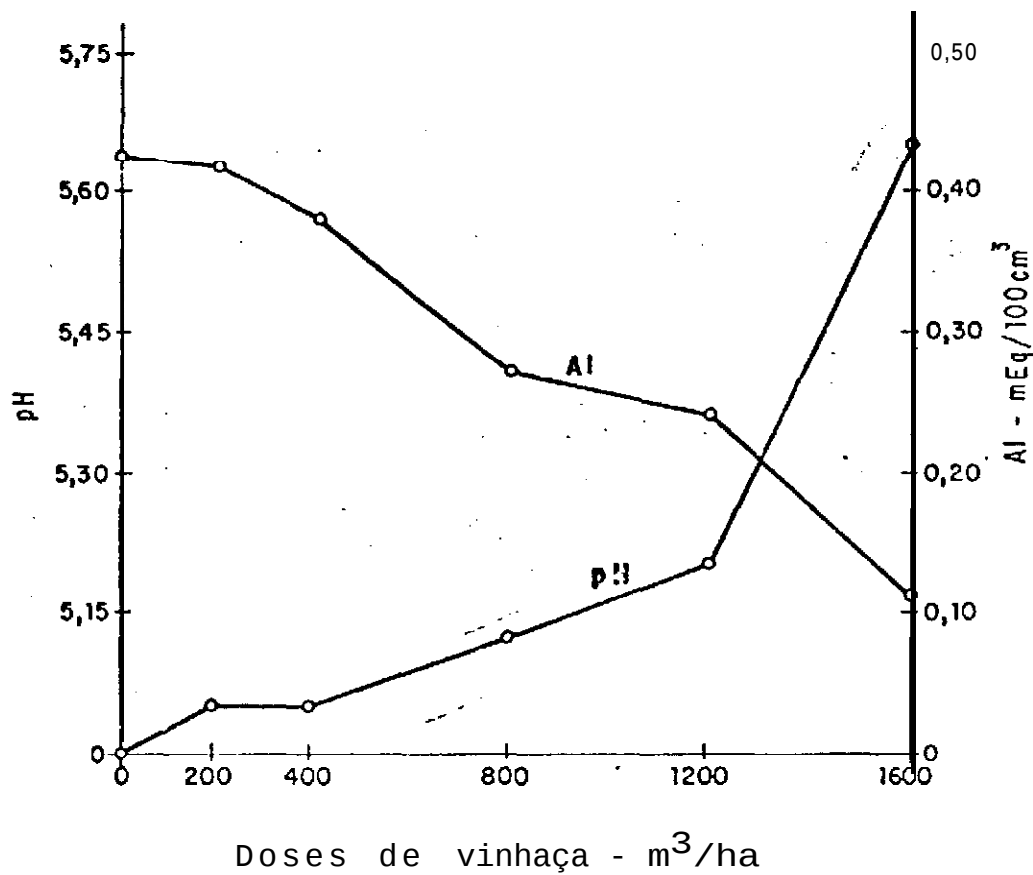


Figura 3 - Variação dos valores de pH e alumínio trocável do solo Aluvial, em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação.



de vinhaça equivalente a $1600 \text{ m}^3/\text{ha}$. Neste solo, a aplicação de $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ de vinhaça é suficiente para elevar o pH de 5,0 para 5,6 unidades e reduzir o valor do alumínio trocável em 65%. Para o solo Aluvial e Podzólico Vermelho Amarelo, as mesmas tendências são observadas, entretanto, em intensidade bem mais reduzida. Assim é que, para o tratamento equivalente a dose de $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$, as reduções nos teores de Alumínio trocável corresponderam a 30 e 54% das respectivas testemunhas. Esta diferença no comportamento desses dois solos, em relação ao solo Hidromórfico, pode ser atribuída aos seus teores mais elevados de matéria orgânica e de argila. Idênticos efeitos sobre o pH e alumínio trocável no solo, também foram observados por Nunes (1979), o qual, atribuiu a atividade microbiológica a responsabilidade pelo aumento de pH. Segundo este autor, a produção de NH_3 como resultado no processo de mineralização da matéria orgânica, parece ser a explicação mais razoável para o aumento do pH do solo, quando se aplica elevadas doses de vinhaça.

Carbono

O teor de carbono (Quadro 8), medido após o período de incubação com vinhaça, nos diferentes tratamentos de cada solo, indicou uma pequena variação em relação às respectivas testemunhas. Nos três solos, o maior incremento foi de aproximadamente 0,2%, (significativa a

5%), e ocorreu na dose equivalente a $1600 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Nos três solos estudados pode-se observar, que a mineralização da fração orgânica da vinhaça, adicionada ao solo, não dependeu dos teores iniciais de carbono (carbono na dose 0), nem da classe textural dos solos.

Fósforo

O único aumento (significativo a 5%) no teor de fósforo assimilável em relação a testemunha (dose 0), mostrados no Quadro 8, ocorreu na dose de $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$ de vinhaça, aplicada ao solo Hidromórfico (3 ppm). Ele refletiu a característica deste solo, ou seja, baixa percentagem de argila (5,5%) e acentuadas variações no pH.

No solo Podzólico Vermelho Amarelo e Aluvial, não ocorreram aumentos significativos nos teores de fósforo, entre tratamentos, quando comparados com as respectivas testemunhas. Para estes solos, além da imobilização microbiológica, que provavelmente também ocorreu no solo Hidromórfico, não se pode eliminar a possibilidade de fixação de fosfatos, pelos óxidos hidratados de ferro e alumínio, e argilas silicatadas, principalmente no solo Aluvial, onde o teor de argila total foi de 51,5%.

Estes resultados estão coerentes com os de Nunes (1979) e Luisi (1979) e outros, que não observaram aumentos significativos na disponibilidade de fósforo, pela aplicação de doses crescentes de vinhaça, em um solo

QUADRO 8. Resultados do C, P assimilável e pH dos solos, após 35 dias de incubação com vinhaça de mosto de melaço.

Vinhaça (m ³ /ha)	C %			P (ppm)			pH		
	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial	Hidrom.	P.V.A.	Aluvial
0	0,37	0,93	1,45	5	14	12	5,0	5,1	5,0
200	0,43	0,95	1,51	3	13	12	5,6	5,2	5,1
400	0,52	1,02	1,52	4	15	11	6,5	5,2	5,1
800	0,52	1,06	1,59	6	15	12	6,8	5,3	5,1
1200	0,53	1,08	1,60	8	15	12	6,9	5,5	5,2
1600	0,59	1,19	1,63	7	15	13	7,1	5,5	5,7
DMS a 5% p/ teste de Tukey	1,134	0,104	0,089	2,239	1,583	2,240	-	-	-

Podzólico Vermelho Amarelo.

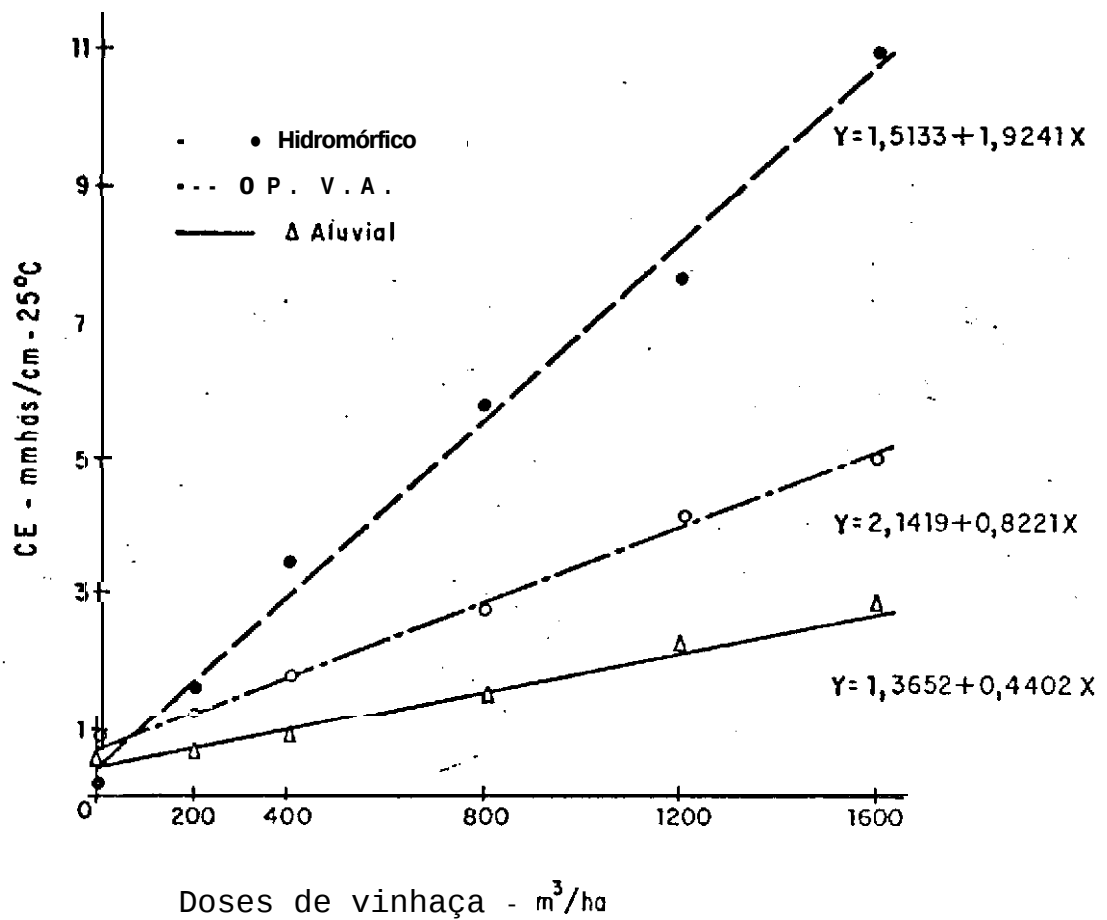
Condutividade elétrica

Na Figura 4, observa-se a tendência de variação da condutividade elétrica do extrato de saturação dos três solos, após o período de 35 dias de incubação com vinhaça.

No USDA Handbook, um solo é definido como salino, quando a condutividade elétrica do extrato de saturação é maior que 4 mmhos/cm a 25°C, possui taxa de adsorção de sódio (SAR) menor que 13 e $\text{pH} \leq 8,4$.

A Figura 4, mostra que os solos foram salinizados a diferentes níveis de vinhaça aplicada, ou seja, o solo Hidromórfico na dose de $800 \text{ m}^3/\text{ha}$, o Podzólico Vermelho Amarelo na equivalente a $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$, enquanto que o solo Aluvial, mesmo ao nível de $1600 \text{ m}^3/\text{ha}$, não apresentou problemas de salinização ($\text{C.E.} \times 10^3 = 2,85$). Estes resultados já eram esperados, posto que, os solos tem texturas diferentes e consequentemente, diferentes capacidades de retenção de umidade. Assim sendo, a concentração de sais (especialmente potássio) na solução do solo, aumentou na ordem, Aluvial, Podzólico Vermelho Amarelo o Hidromórfico. É interessante ressaltar, que quem governou este parâmetro nos três solos, foi basicamente o teor de argila neles contidos (Hesse, 1971; Jurinak, 1975) e outros. Desta forma a aplicação de vinhaça ao solo, de ve-

Figura 4 - Variação dos valores da condutividade elétrica dos solos em função das crescentes doses de vinhaça, após 35 dias de incubação.



ser feita levando-se em consideração, não apenas o teor de sais contidos na mesma, mas principalmente as características do solo, como mencionado anteriormente.

Os resultados aqui mencionados, são consistentes com os de Santos et alli (1979); Nunes (1979) e outros, que aplicaram diferentes doses de vinhaça ao solo e constataram variações na condutividade elétrica do extrato de saturação.

4. EFEITOS SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, ÁREA FOLIAR E CARBOIDRATOS SOLÚVEIS, EM MILHO (*Zea mays* L.)

4.1. Resumo

Cultivou-se plantas de milho (*Zea mays* L.) em três solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça (200, 400, 800, 1200 e 1600 m³/ha). os solos foram um Aluvial e um Podzólico Vermelho Amarelo (P.V.A.), coletados no Município de Campos, R.J., e um Hidromórfico série Ecologia, coletado na área do Campus da U.F.R.R.J., Município de Itaguaí.

A produção de matéria seca e área foliar, foram afetadas pelos tratamentos com vinhaça. No solo P.V.A. e Aluvial, as maiores produções ocorreram ao nível de 1200 m³/ha, enquanto que, no solo Hidromórfico, a produção máxima ocorreu na dose de 400 m³/ha. A maior produção de matéria seca do solo P.V.A. não diferiu significativamen-

te daquela correspondente a $800 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos, para cada tipo de solo, no teor de carboidratos solúveis. Entretanto, no solo Aluvial, a correlação de -0,930 (significativamente ao nível de 5%), indicou que o aumento da salinidade do solo, se correspondem com os decréscimos nos teores foliares de carboidratos solúveis.

4.2. Introdução

A salinidade, se torna um problema de máxima importância para a agricultura, quando em consequência da irrigação, um solo não salino se torna salino, Richard (1954), citado por Diniz (1979).

Vários trabalhos tem procurado estudar o efeito da salinidade como fator limitante da produção vegetal.

No Brasil, de maneira geral, não existem dados precisos capazes de possibilitar uma estimativa do total de áreas salinizadas, ou em vias de salinização, dos solos agrícolas irrigados. Entretanto no Nordeste, estima-se que cerca de 20 a 50% da área irrigada já apresenta esse problema (Pizarro & Damasceno, 1975; Goes, 1978), de acordo com citações de Diniz (1979).

Consideranda-se que, os excedentes da produção de vinhaça poderão ser aproveitados para complementar a adubação de áreas deficientes em potássio, e a necessidade de informações sobre o comportamento de outras cultu-

ras de interesse econômico em solos adubados com vinhaça, o objetivo do presente trabalho, foi verificar o comportamento do milho, cultivado em casa de vegetação, em três solos previamente incubados com vinhaça. As doses aplicadas, serviram para avaliar a resposta da planta, às elevações da concentração de sais na solução do solo, causada principalmente pelo acúmulo de potássio.

Além disto, o trabalho tem como segundo objetivo, o de evitar efeitos deletérios na matéria seca total, teor foliar de carboidratos solúveis e área foliar, que poderiam ocorrer pela salinização do solo, causada pela aplicação contínua e indiscriminada de vinhaça, principalmente naqueles de regiões mais áridas.

4.3. Materiais e Métodos

4.3.1. Materiais

Solo e Vinhaça

Os solos empregados nesse trabalho, foram o Hidromórfico, o Podzólico Vermelho Amarelo e o Aluvial, previamente incubados com doses crescentes de vinhaça de mosto de melação, conforme mencionado no item 3.3.3. da primeira parte deste trabalho.

ria da área de todas as folhas por porte. A área de uma folha foi determinada através da expressão $\text{Área} = 0,75x$ (máximo comprimento x máxima largura), original de Montgomery (1911).

PREPARAÇÃO DE EXTRATOS FOLIARES

Extratos foliares foram preparados, como sugerido por Fernandes (1976). No extrato alcóolico foi determinado o teor de carboidratos solúveis (CH_2O) pelo método da Antrona (Yemm & Willis, 1954).

MATÉRIA SECA

Após a colheita, parte aérea e raízes foram separadas, lavadas e secas em estufa com circulação de ar, durante cinco dias, a 60°C . O peso total foi determinado como a soma de raiz mais parte aérea e expresso em gramas por pote.

4.4. Resultado e Discussão

MATÉRIA SECA TOTAL

A matéria seca total (Quadro 9), exibiu de uma maneira geral uma tendência de resposta hiperbólica. Contudo, o ajuste quadrático só foi significativo no nível de 5% para o solo Hidromórfico. Para os outros solos, os coeficientes de correlação para o ajuste quadrático fo-

ram, $r = 0,55$ para o solo Podzólico Vermelho Amarelo e $r = 0,678$ para o solo Aluvial. Embora estes coeficientes de correlação não sejam significativos ao nível de 5%, eles indicam, junto com a tendência observada para o solo Hidromórfico, que um modelo quadrático pode explicar parte da variação da produção de matéria seca em milho, em resposta a aumentos de condutividade elétrica, causados pelas crescentes doses de vinhaça.

No Quadro 9, pode ser vista a resposta em matéria seca total por tipo de solo. Para o solo Podzólico Vermelho Amarelo e Aluvial, a produção máxima ocorreu a $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$, contudo, para o primeiro, a produção não diferiu significativamente da dose de $800 \text{ m}^3/\text{ha}$. Para o solo Aluvial, a dose de máxima resposta ($1200 \text{ m}^3/\text{ha}$), não diferiu significativamente das outras doses, com exceção da testemunha. No solo Hidromórfico, a resposta foi mais complexa, notando-se um máximo de produção a $400 \text{ m}^3/\text{ha}$. A produção de milho nessa dose, diferiu significativamente das demais, notando-se igualdades características nos níveis de 0, 200 e $1600 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Os aumentos iniciais em peso seco, devem ser esperados em função do aumento na disponibilidade de nutrientes, particularmente Ca, Mg, e K. (Quadros 4, 5 e 6) e de aumentos moderados de pH. Contudo, aumentos nas doses adicionadas do vinhaça, produzem quedas posteriores em peso seco, como consequência da elevação do teor salino do solo (Figura 4).

QUADRO 9. Matéria seca total de plantas de milho (*Zea mays* L.) em grama/pote cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.

Vinhaça (m ³ /ha)	Solo		
	Hidromórfico	P.V.A.	Aluvial
0	1,31 abcd	4,55 b	4,00 b
200	2,70 abcd	4,78 b	5,20 a
400	4,78 a	4,68 b	4,75 a
800	3,98 ab	7,45 a	6,44 a
1200	3,36 abc	7,29 a	7,14 a
1600	1,70 abcd	3,40 b	4,73 a

Letras iguais nas colunas, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

ÁREA FOLIAR

No Quadro 10 são apresentados os dados relativos a produção final de área foliar para os três tipos de solos considerados. Para o solo Aluvial, o efeito do aumento nas doses de vinhaça aplicadas, se fez sentir somente ao nível de $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$, resultando todos os tratamentos, significativamente semelhantes. Para o Podzólico Vermelho Amarelo (P.V.A.), o máximo de produção de área foliar se dá ao nível de $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$, notando-se uma tendência quadrática de resposta (embora não significativa), de aproximadamente 61%.

Finalmente, para o solo Hidromórfico, o máxima de produção, se deu a nível inferior ($400 \text{ m}^3/\text{ha}$), evidenciando as características diferenciais deste tipo de solo, com relação a produção vegetal.

Evidências de que o aumento na concentração salina do solo reduz o crescimento de glicofitas, foi discutido por Poljakoff & Mayber (1975). Aumentos nas concentrações de sais do solo, principalmente por NaCl e Na_2SO_4 , afetou a área foliar e a taxa de crescimento em várias culturas de interesse econômico (Poljakoff & Mayber, 1975). Contudo, menos estudados são os efeitos de outros sais, e no caso, praticamente são pouco conhecidos os efeitos da vinhaça (portadora de elevados teores de potássio), sobre parâmetros, tais como produção de área foliar, que é um determinante da produção final de grão.

QUADRO 10. Área foliar de plantas de milho (*Zea mays* L.) em dm^2/pote cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.

Vinhaça m^3/ha)	Solo		
	Hidromórfico	P.V.A.	Aluvial
0	2,74 abcde	8,55 abc	10,34 b
200	5,16 abcd	9,17 abc	9,36 b
400	10,16 a	7,03 abc	9,50 b
800	8,32 ab	11,16 ab	10,41 b
1200	7,26 abc	13,57 a	15,72 a
1600	4,11 abcde	6,87 abc	10,42 b

Letras iguais nas colunas, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

CARBOIDRATOS SOLÚVEIS

As evidências de que existem disfunções metabólicas em solos afetados por acúmulo de sais foram revisadas por Levitt (1972) e Kylin & Quatrano (1975). Em particular, tem-se observado que sob "stress" salino, os teores de carboidratos solúveis tendem a aumentar (Hsiao et alli, 1976).

Os coeficientes de correlação entre condutividade elétrica do extrato de saturação e carboidratos solúveis, em milho, para os três tipos de solos, estão mostrados no Quadro 12.

No Quadro 11, são mostrados os teores de carboidratos solúveis nas plantas, nos três solos, no momento da colheita. Não existem diferenças significativas para doses, para cada tipo de solo. Isto é uma indicação, de que neste experimento, os teores de carboidratos solúveis, não funcionaram como bons indicadores de "stress" salino, com excessão do solo Aluvial, onde uma correlação de $-0,930$ (significativa ao nível de 5%), indicou que o aumento em salinidade do solo, se correspondeu com decréscimos nos teores de carboidratos solúveis. Possivelmente, isso é devido, a que o aumento em salinidade reduz a taxa de fotossíntese por unidade de área foliar (Gali, 1975). Contudo, o nível de expressão deste parâmetro, não resultou tão evidente, como os efeitos diretos ao aumento das doses de vinhaça, sobre a acumulação de matéria seca e área foliar.

QUADRO 11. Carboidratos solúveis em mg/g. de peso fresco, de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos previamente incubados com vinhaça.

Vinhaça (m ³ /ha)	Solo		
	Hidromórfico	P.V.A.	Aluvial
0	7,43 a	19,9 a	19,02 a
200	8,80 a	14,62 a	14,90 a
400	10,11 a	12,53 a	21,77 a
800	11,43 a	10,22 a	18,80 a
1200	6,49 a	15,17 a	11,21 a
1600	9,23 a	13,41 a	9,40 a

Letras iguais nas colunas, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

QUADRO 12. Coeficientes de correlação linear entre condutividade elétrica do extrato de saturação e carboidratos solúveis em plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivadas em solos previamente incubados com doses crescentes de vinhaça.

solo	Coef. de Correlação
Hidromórfico	- 0,408 n.s.
P.V.A.	0,08 n.s.
Aluvial	- 0,930 *

n.s. Não significativo ao nível de 5%

* Significativo ao nível de 5%

5. LITERATURA CITADA

AHLGREN, G.H. - Some Effects of Volume Rate of Solution Supply of Potassium Concentrations on the Growth of White Clover. Soil Sci., 52: 229-235, 1941.

ALEXANDER, A. - Introduction to Soil Microbiology. John Willey and Sons Inc., N.Y. 1965. 467p.

ALMEIDA, F.P. de. - Interferência dos Fungos na adubação do solo pela vinhaça. Bol. nº 5, Instituto Zimotécnico da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 1953. 9p.

ALMEIDA, J.R. de et alli - La vinasse dans l'agriculture. Bol. nº 1, Instituto Zimotécnico da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 1950. 2lp.

ASGHAR, M. & KANEHIRO, Y. - Effects of incorporating sugarcane trash on soil and plant characteristics. In: Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertilizer Management in Intensive Agriculture. Tokyo Japan, 714-724, 1977.

ASHER, C.J. & OZANNE, P.G. - Growth and Potassium Content of Plants in Solution Cultures Maintained at Constant Potassium Concentrations. Soil Sci., 103 (3): 155-161. 1967.

BITTENCOURT, V.V.; CASTRO, L.J.B. de.; FIGUEIREDO, A.A.M. PAIXÃO, A.C.S. & POLLI, D.M. - Composição da vinhaça Brasil açucareiro, 92: 25-36, 1978.

BOYER, J. - Comportment du potassium dans les sols tropicaux cultivés. Em: Potássio in Tropical soils and crops. 10º cong. Int. Potash Inst. (Abidjan), Berna. 1973.

BOYTON, D. 7 BURREL, A.B. - Potassium-induced magnesium deficiency in the mointosh apple tree. Soil Sci. 58: 441-454, 1944.

BRIEGER, F. - Observações sobre a distribuição de vinhaça ou caldo de destilaria no Estado de São Paulo. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 90: 23-30, 1977.

BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. - The nature and properties of soils., N.Y. 1964. 467p.

CALDAS, H.E. - Os fenômenos microbiológicos nos solos tratados com calda de destilaria. Bol. nº9 Instituto Agromômico do Nordeste., Recife, Pernambuco. 1960. 36p.

CAMARGO, C.M. & MANFRINATO, H.A. - O efeito antierosivo da vinhaça no solo. Revista da Agricultura. 29:75-80. 1954.

- DAHIA, S.S. & SINGH, M. - Effect of salinity, alkalinity and iron application on the availability of iron manganese, phosphorus and sodium in pea (*Pisum sativum* L.) crop. Plant and Soil. 44(3): 697-702, 1976.
- DAY, P.R. - Particle fractionation and particle analysis. In: Black, C.A. Methods of soil Analysis. Agronomy, Washington, 1965, 9: Part I. 545-567.
- DINIZ, A.F. - Efeito da salinidade sobre a germinação de sementes e vigor de plântulas de algodão Herbáceo. (*Gossypium hirsutum* L.) Tese de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Ceará. 1979. 71p.
- FAGÉRIA, N.K. - Effect of P, C_a , Concentrations in Solution Culture on Growth and Uptake of these Ions by Rico. Agr. J. 68: 726-732, 1976.
- FAGÉRIA, N.K. - Influence of Potassium Concentration on Growth and Potassium Uptake by Rice Plantas. Plant and Soil. 44(3): 567-573, 1976.
- FRANCIS, C.A., et alli - Rapid Method for Plant Leaf area estimation in main (*Zea mays* L.) Crop. Sci., 9 (5): 537-539, 1969.

- GLORIA, N.A. da. - Emprego da vinhaça para fertilização
Ed. CODISTIL, Piracicaba, São Paulo, 1976, 11p.
- GLÓRIA, N.A. de et alli - Composição dos resíduos de açúcar e destilarias. Brasil Açucareiro. 81: 78-87, 1973.
- GLORIA, N.A. de et alli - Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias de álcool durante a safra canavieira. Brasil Açucareiro, 80; 542-540, 1972.
- GLÓRIA, N.A. da. & MATTIAZZO, N.E. - Efeito da matéria orgânica na salubilização de fosfatos no solo: III-Efeitos de resíduos de destilaria (vinhaça). Brasil Açucareiro, 87: 55-62, 1976.
- HESSE, P.R. - A textbook of soil analysis. Chemical Publishing co., Inc. New York. 1971.
- HSIAO, T.C. et alli. - Stress metabolism, water stress growth and osmotic adjustment. Phil. Trans. R. soc. Lond. B., 273: 479-500, 1976.
- HOYT, P.B. & TURNER, R.C. - Effects of organic materials added to very soils on pH, aluminium, exchangeable NH_4^+ , and crop yields. Soil Sci., 119: 227-237, 1975.

- IGUE, K. & FUENTES, R. - Characterization of aluminium in volcanic ash soils. Soil Sci. Am. Proc. 36(2): 292-296, 1972.
- JACKSON, M.L. - Soil Chemical analysis. Englewood Cliffs, N.J. Prentice - Hall, Inc., 1958.
- KIMPE, C.R. & MARTEL, Y.A. - Effects of vegetation on the distribution of carbon, iron, and aluminium in the B horizons of Northern appalachian spodosols. Soil Sci. Soc. J., 40(1): 77-80, 1976.
- KYLIN, A. & QUATPANO, R.S. - Metabolic and Biochemical Aspects of salt tolerance. In: Poljakoff-Mayber, A.; ed plants in saline environments. Berlin Springer Verlas, 1975. p. 147-167.
- LABORATÓRIO DE DE SALIDAD de los EUA, Diagnostico y Rehabilitacion de Suelos Salinos y Sódicos. Trad. México, CIMUSA, 1974, 172p.
- LEITÃO, D.M. - O etanol como fonte de energia. 1ª Parte: A crise energética - Produção e utilização de etanol Brasil Açucareiro, 94: 35-57, 1979.
- LUISI, M.V.V. - Efeitos da vinhaça sobre a fertilidade de solo e a nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). Tese de Mestrado. Departamento de solos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1979, p.

MAGRO, J.A. & GLÓRIA. N.A. da. - Adubação de soqueira de cana de açúcar com vinhaça; complementação com nitrogênio e fósforo. Brasil Açucareiro, 87: 31-34, 1977.

MAGRO, J.A. - Uso da vinhaça em cana de açúcar na Usina de Pedra-Serrana. Brasil Açucareiro, 92: 40-48, 1978.

MALAVOLTA, E. - Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileira. Bol. Tec. nº 4, Instituto da Potassa e fosfato. (E.U.A.) e Instituto Internacional da Potassa (Suiça). Piracicaba, T. Yama, 1979. 92p.

MACLEAL, E.O.; REICOSKY, D.C. & LAKSUMANAM. C. - Aluminium in soils: 7. Interrrelationships of organic matter, liming and extractable aluminium with permanent, liming and extractable aluminium with permanent charge (KCl) and pH - dependent cation - exchange capacity of surface soils. soil Sci. Soc. Am. Proc., 29: 374-378, 1965.

MIELNICSUK, J. - O potássio no solo. Bol. Tec. nº 2, Instituto da Potassa e fosfato (E.U.A.) e Instituto Internacional da Potassa (Suiça). Piracicaba, T. Yamada. 1979.

HORTENSEN, J.L. - Complexing of metals hy soil organic matter, soil, Sci. Soc. AM. Proc., 27: 179-186, 1963.

- MOSCHLER, W.W. & MARTENS, D.C. - Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Requirements in No-Tillage and Conventionally Tilled Corn. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 39(5): 886-891, 1975.
- NUNES, M.R. - Efeito da vinhaça na disponibilidade e lixiviação de nutrientes no solo. Tese de Mestrado. Departamento de solos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1979. 89p.
- OERTLI, J.J. - Effects of External Salt Concentrations on water relations in plants; I. Absence of Osmotic Adjustment in the Root Xylem. Soil Sci. 102(3): 180-186, 1966.
- PAGE, A.L. et alli - Availability and Fixation of Assed Potassium in two California soils when cropped to Cotton. Soil Sci. Soc. Proc 27(3): 323-326, 1963.
- POLJAKOFF - MAYBER, A. - Morphological and anatomical Changes in plants as a response to salinity stress. In: Poljakoff-Mayber, A.; ed. plants in Saline environments. Berlin. Sprringer-Verlas, 1975. p.97-117.
- QUEMNER, J. - The measurement of soil potassiu. Bol. Tec. nº 4 Internacional Potash Institute. Berna. Suíça, 1979, Sp.

- RAMOS, D.P. et alli - Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pesq. agr. bras, serv. agron. 8(6): 1-27, 1973.
- RANZANI, G. - Conseqüências da aplicação do restilo ao solo (1). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba. 12: 57-67, 1956.
- RAVIKOVITCH, S. & NAVROT, J. - The effect of soil Temperature on plantas grown in saline soil. Soil Sci. 113(6): 431-439, 1972.
- REZENDE, J.O. - "Conseqüências da aplicação da vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo Aluvial-Estudo de um caso". Tese de Doutorado. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 1979.
- RODRIGUEZ, A.S. & SCHAEFER, R. - Interaction entre matéria orgânica y alumínio em um suelo hidromórfico derivado de cinzas volvánicas. Turrialba, 21: 149-156, 1971.
- SANTOS et alli - Efeito da vinhaça sobre a germinação, pH do solo e acúmulo de potássio em milho (*Zea mays* L.). CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 17º, Manaus S.B.C.S Resumo nº 144, 1979, p.54.

SINGH, B.B. & JONES, J.P. - Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil affected by organic residues. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 389-394, 1976.

SINGH, B.B. & JONES, J.P. - Use of Sorption - Isotherms for Evaluating Potassium Requirements of Plants. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39(5): 881-885, 1975.

STUPIELLO, P. et alii - Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade de cana de açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 3: 45-50, 1977.

UZO, M. - The Influence of pH on the Adsorption of Phosphate by Soils from the Guinea and Sudan Savannah Zones of Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39 (6): 1100-1102, 1975.

WALL, M.E. - The Role of Potassium in Plants: III. Nitrogen and Carbohydrate Metabolism in Potassium - Deficient Plants Supplied with either Nitrate or Ammonium Nitrogen. Soil Sci., 49:393-408, 1940.