

AVALIAÇÃO DA SOLUBILIDADE DO FOSFATO DE PATOS. III — MISTURA COM TORTA DE FILTRO E VINHAÇA.^{1/}

Juarez S.A. Penso^{2/}
José Mário Braga^{3/}
José T.L. Thiébaut^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Além da melhoria da solubilidade dos fosfatos naturais pelo tratamento térmico, pela diminuição do tamanho das partículas (3) ou pela acidificação parcial (4), uma outra possibilidade é a mistura do fosfato natural com subprodutos da agro-indústria canavieira, metodologia que tem sido estudada por diversos pesquisadores (2, 9, 10).

Essa possibilidade seria de particular interesse, uma vez que viria conciliar o maior aproveitamento da torta de filtro e da vinhaça (1, 6, 7), subprodutos da agro-indústria, cuja tendência de aumento é grande, com o melhor aproveitamento das rochas fosfatadas.

Como contribuição para o aproveitamento da vinhaça e da torta de filtro, realizou-se este trabalho, cujos objetivos foram:

a. verificar a possível solubilização do fosfato natural em mistura com vinhaça e com torta de filtro rotativo;

b. verificar o efeito do material resultante da mistura do fosfato natural de Patos de Minas com vinhaça e com torta de filtro sobre o crescimento vegetal e sobre o suprimento de fósforo ao vegetal.

^{1/} Parte da tese do primeiro autor, requisito para obtenção do título de M.S.

Recebido para publicação em 25-03-1982.

^{2/} Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Mato Grosso, EMDA-MT.
Caixa Postal 241. 78000 Cuiabá, MT.

^{3/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Matemática da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os subprodutos da indústria canavieira utilizados neste ensaio foram fornecidos pela Cia. Açucareira Riobranquense, produzidos durante a safra de 1977, em Visconde do Rio Branco-MG, e sua composição química está no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características químicas da vinhaça e da torta de filtro (1). Médias de duas repetições

Valores Determinados	Vinhaça	Torta de Filtro
pH	4,1	-
H ₂ O	96,7 mg/100 ml	78,5 mg/100 g
Resíduo	3,3 "	-
C	1,357 "	7,153 "
Ca	50,15 "	702,18 "
Mg	23,12 "	56,36 "
K	180,22 "	55,17 "
N	48,98 "	305,48 "
SO ₄ ²⁻	260,08 "	790,41 "
P ₂ O ₅ total	3 "	53 "
P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico	3 "	410 "

(1) Metodologia sugerida por GLÓRIA e SANT'ANNA (8).

A torta de filtro foi secada até peso constante, em estufa com ventilação forçada, a 67°C; depois disso foi moída em moinho Wiley, em peneira n.º 40. Esse material seco e a vinhaça foram misturados com o fosfato de Patos, tendo 85% do seu peso passados em peneira de 200 malhas por polegada, com teores de 23,6% de P₂O₅ e 2,6% de P₂O₅ total e solúvel em 2% de ácido cítrico, respectivamente.

A mistura foi feita em seis níveis de diluição (Quadro 2) e colocada em copos de polietileno. Foi deixada descoberta, nos períodos de incubação de 0, 15, 30, 45 e 60 dias, em condições normais de laboratório. Após a mistura com a torta de filtro, foi adicionada água suficiente para restituir a umidade inicial desse material. Diariamente, adicionava-se água suficiente para reposição da evaporada.

QUADRO 2 - Mistura da vinhaça e da torta de filtro com o fosfato de Patos de Minas

Vinhaça (ml) cu Torta de Filtro (g)	Fosfato de Patos	Nível de Diluição
160	20	8
100	25	4
50	25	2
25	25	1
25	50	0,1
12,5	50	0,25

Em laboratório, os seis níveis de diluição, os cinco períodos de incubação e os dois subprodutos formaram um esquema fatorial ($6 \times 5 \times 2$), em blocos casualizados, com três repetições.

Completado o período de incubação, o material foi levado para secagem em estufa com ventilação forçada, à temperatura de 67°C. Em seguida, foi desagregado em almofariz. Foram avaliados os teores de P_2O_5 total e solúvel em ácido cítrico a 2% das misturas. Essas mesmas misturas foram adicionadas ao solo para o cultivo em casa-de-vegetação.

Foi usada uma amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (LEd), cujas características físicas e químicas são apresentadas no Quadro 3. Depois de passar as amostras de solo por peneira com malhas de 5 mm e homogeneizar, adicionou-se o corretivo, formado pela mistura de $CaCO_3$ e $MgCO_3$, na proporção de 3:1, em equivalência, em quantidade suficiente para elevar o pH do solo a 6,5. A mistura foi umelecida até a capacidade de campo (5) e deixada em repouso até a estabilização, que ocorreu em $pH = 6,3$, após 70 dias.

QUADRO 3 - Características físicas e químicas do solo (1)

Características	Resultado Analítico
Areia grossa	15%
Areia fina	13%
Silte	24%
Argila	48%
Classe textural	Argila
pH (1:2,5)	4,7
P	1 ppm
K^+	33 ppm
$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	0,3 eq.mg/100 ml
Al^{3+}	0,5 eq.mg/100 ml

(1) Análises efetuadas nos Laboratórios de Física e de Fertilidade da U.F.V.

Novamente, o solo secado foi passado em peneira de 5 mm de abertura e colocado em vasos de polietileno, cada um com seis quilos de solo. O material proveniente da mistura do fosfato natural com torta de filtro e vinhaça foi misturado com o solo de cada vaso, de modo que fornecesse 3 g de P_2O_5 total/6 kg de solo. Além desses tratamentos, que constituíram um esquema fatorial completo, foram usados mais dois: solo em mistura com 300 ppm do fosfato natural e somente solo. Dessa maneira, no ensaio em casa-de-vegetação, formou-se um esquema fatorial ($6 \times 5 \times 2$) + 2, disposto em blocos casualizados, com três repetições.

Foram plantadas, por tratamento, 35 sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Cinco dias depois da emergência foi feito o desbaste, conservando-se 25 plantas. Foram feitas seis aplicações de solução nutritiva, as quais forneceram a cada parcela experimental 336 ppm de N (como uréia), 215 ppm de K (como cloreto de potássio), 4 ppm de Zn (como cloreto de zinco), 1,33 ppm de Cu (como cloreto de cobre monoidratado), 1,56 ppm de Fe (como cloreto de ferro hexaídratado), 0,15 ppm de Mo (como ácido mofibídico), 0,81 ppm de B (como ácido bórico) e 114 ppm de S (como sulfato de sódio).

Decorridos 45 dias do plantio, foi efetuada a colheita, cortando-se a parte

aérea a 1 cm do solo, aproximadamente. Todo o material colhido em cada tratamento foi colocado em sacos de papel e secado em estufa com circulação de ar, durante 72 horas. Feita a secagem, o material foi pesado e, posteriormente, moído, analisando-se o teor de fósforo.

De cada tratamento foi tomada uma amostra de solo, determinando-se o teor de fósforo disponível com o uso do extrator de Olsen.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a incubação das misturas, exceto nos níveis de diluição com vinhaça de 0,25 e 0,50, observou-se desprendimento de gás fétido, o que, segundo BRAGA *et alii* (2), sugere atividade microbiana e evidencia o efeito do tempo de incubação das mineralizações dos subprodutos sobre o fosfato natural. Entretanto, não fica invalidada a possibilidade de atividade microbiana nesses níveis de diluição.

Entre o tempo de zero e 60 dias (Quadro 4), o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico aumentou de 4,5 para 5,2 e o teor total de 20,1 para 21,2% de P₂O₅, o que pode ser atribuído ao efeito de concentração das misturas, em razão da perda de massa pela oxidação biológica, como observou RIBEIRO (10).

QUADRO 4 - Médias do teor (% P₂O₅) de fósforo total e solúvel em 2% de ácido cítrico nos materiais, em cada período de incubação (dias)

P ₂ O ₅	Período de Incubação (dias)				
	0	15	30	45	60
----- % P ₂ O ₅ -----					
Total	20,1a	20,7ab	20,9b	21,1b	21,2b
Solúvel em ácido cítrico	4,5a	4,8 b	5,0bc	5,0bc	5,2c

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve decréscimo dos teores de P₂O₅ total e P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%, à medida que o fator de diluição aumentou (Quadro 5). O efeito diluente da torta de filtro foi mais pronunciado que o da vinhaça, considerando os teores de fósforo total e solúvel em ácido cítrico a 2% nos materiais, entre os níveis extremos de diluição.

A diferença de comportamento entre a torta de filtro e a vinhaça (Quadro 5) pode ser explicada pelas diferenças entre esses dois subprodutos (Quadro 1) na imobilização de P nas respectivas misturas. Nesse aspecto, devem ser consideradas as possíveis influências do maior teor de fósforo da torta de filtro, que, além disso, é constituída por fragmentos vegetais sólidos, o que lhe confere maior efeito de diluição após a secagem e, possivelmente, favorece melhor equilíbrio dos nutrientes. Assim, o uso da torta de filtro talvez tenha propiciado substrato mais adequado ao desenvolvimento microbiológico em laboratório, possibilitando a ocorrência de maior imobilização microbiológica de fósforo e outros nutrientes nas misturas da rocha fosfatada com a torta de filtro.

QUADRO 5 - Médias do teor de fósforo total (% P₂O₅) solúvel em 2% de ácido cítrico nos materiais, nos subprodutos vinhaça e torta de filtro, em cada nível de diluição, após a incubação

P ₂ O ₅	Subpro- dutos	Níveis de Diluição			
		0,25	0,50	1,0	2,0
----- % P ₂ O ₅ -----					
Total	Vinhaça	24,1Bb	23,9Bd	23,3Bcd	22,4Bbc
	T. de filtro	23,2Ae	22,3Ae	22,7Ad	18,1Ac
					14,9Ab
					11,5Aa

Solúvel em 2% de ácido cítrico	Vinhaça	5,5Ae	5,3Ade	5,1Acd	5,1Bc
	T. de filtro	5,3Ae	5,1Ade	5,0Ad	4,5Ac
					4,0Ab
					3,9Aa

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula, dentro de cada linha, e por uma letra maiúscula, dentro de cada coluna e para cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A alteração nos teores de fósforo das misturas com torta de filtro e vinhaça foi consequência da perda de massa das duas misturas. Essas perdas foram maiores nas misturas que continham torta de filtro, dentro de cada período de tempo de incubação. Todavia, poderiam ser esperadas maiores perdas de massa em maiores tempos de incubação, conforme tendência verificada no Quadro 6, principalmente no caso da torta de filtro.

QUADRO 6 - Perdas de massa dos materiais resultantes das misturas do fosfato de Patos com vinhaça e com torta de filtro (mg/g), em cada período de tempo (dias). Média de três repetições

Subproduto	Tempo (dias de incubação)				
	0	15	30	45	60
----- mg/g -----					
Vinhaça	0	20	26	40	42
Torta de filtro	0	48	60	70	82

Admitindo que tenha ocorrido imobilização microbiológica de fósforo durante a incubação em laboratório, também ocorreria liberação do fósforo imobilizado, em razão da morte de microrganismos. Essa imobilização deve ter facilitado a posterior e gradativa liberação de fósforo disponível para o vegetal, mediante a decomposição da matéria orgânica existente nas misturas. Dessa maneira, houve justificativa para a concordância entre os menores teores médios do fósforo solúvel em ácido cítrico e os maiores valores médios dos parâmetros determinados no solo e no vegetal, para cada subproduto e dentro de cada nível de diluição. Houve discordância apenas no peso da matéria seca da parte aérea das diluições de 0,25, 0,50, 1,00 e 2,00 com vinhaça (Quadro 7). Nos processos de mineralização no solo, durante o cultivo em casa-de-vegetação, a cada aumento do nível de diluição correspondeu liberação de maiores quantidades de fósforo em formas disponíveis para o vegetal.

As mesmas explicações justificam as maiores médias, dentro de cada nível de diluição, de teores de fósforo «disponível» no solo, peso da matéria seca da parte aérea e peso do fósforo total da parte aérea (Quadro 7).

Nas misturas que receberam vinhaça verificaram-se incrementos nos valores médios das variáveis determinadas no solo e no vegetal, desde o nível 0,25 até o nível 4 de diluição. A partir do nível 4 até o nível 8 de diluição, diferentemente da torta de filtro, os valores médios dessas variáveis diminufram (Quadro 7).

De maneira geral, foram benéficos ao crescimento vegetal os períodos de incubação das misturas. Sendo linear a associação entre os parâmetros avaliados e o fator tempo de incubação, para ambos os subprodutos, infere-se que poderiam ser esperadas maiores respostas em períodos de incubação superiores a 50 dias. O relacionamento entre o fósforo «disponível» no solo e os níveis de diluição, porém, foi exponencial, com valor máximo do fator de diluição de 1,94 (praticamente 2) e ponto de inflexão de 6,94 (aproximadamente 7), sugerindo três regiões distin-

QUADRO 7 - Matéria seca (g/vaso) e fósforo total (mg P/vaso) da parte aérea do sorgo, para os subprodutos vinhaça e torta de filtro, em cada nível de diluição

Parâmetro	Subproduto	Níveis de Diluição				
		0,25	0,5	2	4	8
Matéria seca da parte aérea (g/vaso)	Vinhaça	7,74Aa	8,63Bab	9,86Bb	10,70Ac	9,59Abc
	T. de filtro	7,43Aa	7,50Aa	8,78Aab	9,78Ab	12,01Bc
Fósforo total da parte aérea (mg P/vaso)	Vinhaça	11,8 Aa	13,4Aac	14,8Abc	16,5Ac	14,9Abc
	T. de filtro	12,3 Aa	15,2Ab	17,6Bb	22,0Bc	23,3Bc
Fósforo disponível no solo (ppm P)	Vinhaça	2,9Aab	3,1Aac	3,2Abc	3,5Ac	3,2Abc
	T. de filtro	3,4Ba	3,6Ba	3,8Bab	4,3Bbc	4,9Bcd

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula, dentro de cada linha, e por uma letra maiúscula, dentro de cada coluna e para cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

tas nesse relacionamento: a primeira, com valores crescentes de fósforo «disponível» no solo no intervalo de diluição de 0,25 a 2,0; a segunda, com valores decrescentes de teores de fósforo «disponível» no intervalo de diluição de 2,0 a 7,0, e a última, com estabilização de valores em diluição superior a 7,0. Possivelmente, tais fatos resultaram da mineralização de matéria orgânica mais completa, durante a incubação das misturas nos níveis de 0,25 até 2,0 de diluição com a vinhaça. Entretanto, atribui-se à demanda biológica de oxigênio a pouca mineralização de matéria orgânica ocorrida durante a incubação das misturas com níveis de diluição maiores que 2,0 que deve ter prosseguido no solo, estimulando a fixação microbiológica do fósforo e, com isso, reduzindo os valores dos teores do fósforo «disponível» no solo.

Em cultivos mais prolongados, contudo, poderia haver liberações de fósforo imobilizado microbiologicamente, mesmo que lentas, o que traria benefício para o vegetal. O contrário deverá ocorrer em diluições inferiores a 2.

Nas misturas do fosfato com torta de filtro houve correlação linear e positiva do fósforo disponível com os acréscimos dos níveis de diluição, o que mostra que o fósforo «disponível» foi constituído, principalmente, pelo fósforo contido na torta de filtro, não indicando, com isso, ter havido solubilização do fósforo pertencente ao fosfato natural.

Com relação ao período de cultivo em casa-de-vegetação (45 dias), as misturas com torta de filtro foram mais eficientes que as misturas com vinhaça em promover o crescimento vegetal, relativamente reduzido. Esse crescimento vegetal correlacionou-se com os teores de fósforo «disponível» no solo, que, por sua vez, estiveram diretamente associados aos níveis de diluição do fosfato com a torta de filtro (Quadro 7).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos 2 ensaios, na Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais, com o objetivo de verificar o desenvolvimento vegetativo e o suprimento de fósforo a vegetal superior, usando como fontes de fósforo materiais resultantes de misturas do fosfato natural de Patos de Minas, Minas Gerais, com vinhaça e com torta de filtro rotativo tipo Oliver, subprodutos das agroindústrias do álcool e do açúcar, respectivamente, além de observar a possível solubilização do fosfato natural nessas misturas.

No primeiro ensaio, a vinhaça e a torta de filtro rotativo foram misturadas com o fosfato natural nas proporções (subproduto: fosfato) de 8:1, 4:1, 2:1, 1:1, 0,5:1 e 0,25:1. Todas as misturas foram incubadas nas condições ambientes do laboratório, durante 0, 15, 30, 45 e 60 dias, constituindo o fatorial (6 x 5 x 2) disposto no delineamento em blocos casualizados, com 3 repetições.

Nos materiais incubados foram determinados os teores (% de P₂O₅) de fósforo total e solúvel em ácido cítrico a 2% (1:100).

No segundo ensaio, em casa-de-vegetação, os materiais resultantes das misturas incubadas foram usados como fonte de fósforo para as plantas, cultivadas durante 45 dias sobre material edáfico oriundo da camada arável de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (LEd). A quantidade de cada fonte foi calculada para que fornecesse 3 g de P₂O₅ total por vaso, que conteriam 6 kg do solo. Foram usados como testemunhas dois tratamentos adicionais: somente o solo e solo mais fosfato natural, formando-se o fatorial (6 x 5 x 2) + 2, disposto em blocos casualizados, com 3 repetições.

Após a colheita, foram determinados os teores de fósforo «disponível» no solo,

pelo extrator de Olsen, a produção de matéria seca da parte aérea e o fósforo contido na parte aérea.

Nas condições em que os ensaios foram realizados foram obtidas as seguintes conclusões:

- a. As misturas do fosfato natural com vinhaça e torta de filtro favoreceram a produção de matéria seca e o conteúdo de fósforo na parte aérea da planta indicadora, e as misturas com torta de filtro foram superiores às misturas com vinhaça;
- b. Não foi possível verificar efeito solubilizador da vinhaça e da torta de filtro sobre o fósforo contido no fosfato natural de Patos de Minas;
- c. Proporções de vinhaça e fosfato natural maiores que 2:1 diminuíram o teor de fósforo «disponível» no solo;
- d. As misturas incubadas perderam massa, em relação direta com o tempo, dos 15 aos 60 dias de incubação;
- e. Durante os primeiros 15 dias de incubação ocorreu intensa perda de massa das misturas.

5. SUMMARY

Filter cake and vinasse, two by-products of the sugar and alcohol agroindustries, respectively, were mixed at six proportions with Patos de Minas rock phosphate and incubated over five different periods of time. At the end of each period, the materials were analyzed for total and soluble phosphorus, then mixed with potting soil of Dark Red Latosol. Plants of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) were grown in these mixtures. After 45 days, the dry matter in the aerial parts of the plants was determined; and, phosphorus in the aerial parts and in the soil was analyzed using an Olsen extractor.

The results showed that both the dry matter production and the phosphorus content increased in the aerial parts with the application of mixtures of filter cake and vinasse with Patos de Minas rock phosphate. The soluble phosphorus by Olsen extraction decreased when the proportions of vinasse to rock phosphate exceeded 2:1. On the other hand, no solubilization effects were observed as caused by either of the materials.

6. LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, J.R., RANZANI, G. & VALSECCHI, O. Influência da incorporação da vinhaça sobre o teor em bases trocáveis do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3.^a Recife, 1951. *Anais...* Rio de Janeiro, S.B.C.S., 1951. v. 1. p. 451-59.
2. BRAGA, J.M., THIÉBAUT, J.T.L. & PENSO, J.S.A. Efeito solubilizador de dois resíduos da agroindústria canavieira sobre o fosfato natural de Patos de Minas, Minas Gerais. *Rev. Ceres*, 25(137):87-93. 1978.
3. BRAGA, J.M. & NEVES, M.J.B. Alteração da solubilidade do fosfato de Patos. I. Efeito do tamanho de partículas e do tratamento térmico. *Rev. Ceres*, 28(160):546-554. 1981.
4. BRAGA, J.M. & BORGES, A.L. Alteração da solubilidade do fosfato de Patos. II. Acidificação parcial (Na Comissão Editorial da *Revista Ceres*).

5. FERNANDES, B. & SYKES, D.J. Capacidade de campo e a retenção de água em três solos de Minas Gerais. *Rev. Ceres*, 15(83):1-39. 1968.
6. GLÓRIA, N.A. da. Utilização agrícola da vinhaça. *Brasil Açuc.*, 86(5):397-403. 1975.
7. GLÓRIA, N.A. da. *Emprego da vinhaça para fertilização*. Piracicaba, Codistil, 1976. 31 p.
8. GLÓRIA, N.A. da & SANT'ANNA, A.G. Métodos de análise de resíduos de usinas de açúcar e destilarias. *Rev. Agricultura* 1(1-2):29-44. 1975.
9. GLÓRIA, N.A. da & MATIAZZO, M.E. Efeito da matéria orgânica na solubilização de fosfatos no solo: II — Efeito de resíduos de usinas de açúcar e destilarias (bagaço de cana, torta de filtro e vinhaça). *Brasil Açuc.*, 88(5):386-95. 1976.
10. RIBEIRO, A.C. *Torta de filtro rotativo e vinhaça como fertilizantes, em mistura com a apatita de Araxá e superfosfato simples*. Piracicaba, ESALQ, 1978. 88p. (Tese Doutoramento).