

# Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado

**Fabio Fernando de Araujo**

*Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista, Rod. Raposo Tavares, km 572, 19050-900, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. E-mail: fabio@unoeste.br*

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do lodo de curtume associado à fosforita (fosfato natural) sobre a disponibilização de fósforo e correção do solo, teores foliares e rendimento de milho. O experimento foi conduzido em campo durante 12 meses (outubro de 2005 a outubro de 2006) com a incorporação de 2,5 e 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de curtume (natural e compostado) e 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> na forma de fosfato solúvel e natural (fosforita) no início do experimento. Durante a safra de verão (2005/2006) foi cultivado milho na área experimental. O tratamento com lodo de curtume natural, na dose de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> associado à fosforita, elevou os teores de fósforo, cálcio e saturação por bases no solo avaliados aos 360 dias da sua aplicação. Este tratamento proporcionou incrementos nos teores de fósforo nas folhas de milho. O lodo de curtume compostado, comparado ao natural, foi inferior nas avaliações de absorção de fósforo pelo milho e correção do solo. Verificou-se maior rendimento do milho pela incorporação da fosforita associada ao lodo de curtume natural e compostado na dose de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** fósforo no solo, *Zea mays*, resíduo industrial.

**ABSTRACT. Solubilization of phosphorus, soil correction and corn yield after addition of phosphates and natural and composted tannery sludge.** The objective of this study was to evaluate the effect of tannery sludge associated with fosforita (rock phosphate) on the availability of phosphorus and correction of soil, leaf levels and maize yield. The experiment was conducted on the field during twelve months (October 2005 to October 2006) with the incorporation of 2.5 and 5.0 Mg ha<sup>-1</sup> of tannery sludge (natural and composted) and 100 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> in the form of soluble and natural phosphate (fosforita). During the months of November 2005 to April 2006, maize was grown in the experimental area. Treatment with tannery sludge naturally, at a dose of 5.0 Mg ha<sup>-1</sup> associated with fosforita, incremented the levels of phosphorus, calcium and base saturation in the soil for 360 days after implementation. This treatment provided increases in levels of phosphorus in the leaves of maize. The composted tannery sludge treatment, compared to natural tannery sludge, was deficient in the absorption of phosphorus by maize and soil correction. Increased yield of maize was verified by the incorporation of fosforita associated with the natural and composted tannery sludge at a dose of 5.0 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** phosphorus in soil, *Zea mays*, industrial waste.

## Introdução

Dentre os nutrientes presentes nos fertilizantes, o fósforo se constitui um dos mais limitantes para as culturas agrícolas, especialmente em solos tropicais, que apresentam, em geral, baixo teor de fósforo disponível e predominância de acidez. Estas características, aliadas as altas taxas de adsorção do fósforo, têm sido consideradas as limitações mais severas para o cultivo destes solos e para o aumento da produtividade, visto que se fazem necessárias aplicações de altas doses de fósforo (CORREA et al., 2004). Ressaltando, ainda, que os fosfatos são

recursos naturais não renováveis, escassos e sem sucedâneos, devendo, portanto, ter utilização eficaz.

A utilização de fosfatos solúveis em água constitui a forma mais satisfatória de suprir a necessidade das plantas. Contudo há necessidade de adubações além das quantidades requeridas pelas plantas por perdas para o solo (VAN RAIJ et al., 1997). A fosforita (fosfato natural) é uma rocha fosfatada com aproximadamente 24% de fósforo total, de baixo custo, porém com reduzido teor de fósforo solúvel. Este material pode se constituir numa excelente fonte de fósforo acessível para os agricultores, desde que atenda as necessidades de fósforo nos cultivos anuais.

A disponibilidade de fósforo solúvel pela aplicação de fosfatos naturais está sujeita à lenta solubilização do fosfato o que limita sua aplicação em culturas de rápido crescimento necessitando desta maneira um tratamento prévio com microrganismos solubilizadores de fósforo (VASSILEV et al., 2006). A associação de fosfatos reativos com resíduos orgânicos, enriquecidos com microrganismos solubilizadores de fósforo, tem proporcionado resultados satisfatórios na solubilização do fósforo (HUSSAIN et al., 2001). Por outro lado, o simples fato da presença de matéria orgânica disponibiliza fósforo em fosfatos insolúveis, provavelmente pela atividade microbiana saprofítica (BRANCO et al., 2001).

Nos últimos anos, a atividade agrícola tem sofrido profundas modificações em razão do aumento do custo de produção com reflexos na rentabilidade da cultura, especialmente na cultura do milho. A adubação é reconhecidamente o fator que mais afeta a produtividade e a sustentabilidade da atividade, de modo que o consumo de adubo pela cultura do milho no Brasil tem crescido acentuadamente nos últimos anos, principalmente em função do aumento de produção por unidade de área.

A destinação do lodo de curtume para a agricultura é uma alternativa que merece destaque, desde que convenientemente aplicada. Atualmente com as novas tecnologias de reciclagem do cromo na indústria, este resíduo tem apresentado concentrações baixas deste metal, o que poderá reduzir o impacto ambiental desta técnica. Vários trabalhos comprovam a eficiência de resíduos de curtume como bons fertilizantes e corretivos de acidez dos solos (FERREIRA et al., 2003; KONRAD; CASTILHOS, 2002). Neste sentido, Castilhos et al. (2002) verificaram que, com a aplicação de lodo mais fósforo e potássio, os rendimentos foram semelhantes aos do tratamento com aplicação de calcário mais NPK e cerca de 16 vezes superiores ao rendimento da testemunha. Por outro lado, a adição de resíduos de curtume pode elevar a concentração de sais no solo; principalmente o lodo de caleiro, rico em cálcio e sódio. Em trabalho de aplicação de doses crescentes de lodo de curtume na cultura do milho foi observado aumento de produção de matéria seca da cultura (ARAÚJO et al., 2008). Contudo os autores citam que o monitoramento dos teores de sais e cromo deve ser constante pelo risco de contaminação do solo. O monitoramento do solo é um dos itens exigidos pela Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental de São Paulo - Cetesb quando da apresentação de projetos de aplicação de lodo de curtume na agricultura (CETESB, 1999).

Considerando a inexistência de trabalhos de associação de lodo de curtume ao fosfato natural, como também a necessidade de aliar o interesse agrônomo ao ambiental, este trabalho visa avaliar os efeitos da associação do lodo de curtume, natural e compostado, com fosfato natural sobre a disponibilização de fósforo, correção do solo e nutrição do milho em comparação com adubação com fosfato solúvel.

## Material e métodos

O lodo de curtume utilizado foi obtido no decantador primário do curtume Vitapelli, localizado no município de Presidente Prudente (Região Oeste do Estado de São Paulo). O mesmo, após desaguamento, apresentava consistência pastosa. O curtume faz a precipitação e reciclo do cromo, o que proporciona o resíduo final com baixa concentração de cromo. O lodo foi utilizado no experimento na forma natural ou compostado. Para compostagem do material utilizou-se como resíduo estruturante o bagaço de cana, na proporção de duas partes de bagaço para uma parte de lodo. A compostagem foi conduzida em leiras durante 90 dias sendo realizados reviramentos mecânicos semanais. A análise química do lodo e do composto final obtido está expressa na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química no lodo de curtume utilizado no experimento.

| Lodo       | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | Umidade | N    | P    | K    | Ca    | Mg   | SO <sub>4</sub> | Cr   |
|------------|----------------------------|---------|------|------|------|-------|------|-----------------|------|
|            |                            |         |      |      |      | (%)   |      |                 |      |
| Natural    | 7,7                        | 80,1    | 2,91 | 0,61 | 0,10 | 12,85 | 1,08 | 1,30            | 0,18 |
| Compostado | 7,2                        | 20,3    | 1,22 | 0,55 | 0,12 | 4,85  | 0,38 | 0,53            | 0,07 |

O experimento foi conduzido em área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade do Oeste Paulista em Presidente Prudente, Estado de São Paulo, durante os meses de outubro de 2005 a outubro de 2006. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distroférico (EMBRAPA, 1999). Amostras de solos foram submetidas à análise química de fertilidade antes da instalação do experimento conforme Van Raij et al. (2001). Os resultados indicaram pH(CaCl<sub>2</sub>) = 5,2; matéria orgânica = 10,0 g kg<sup>-1</sup>; P = 18 mg dm<sup>-3</sup>; K = 2,2; Ca = 9,0; Mg = 6,0 e CTC = 42,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases = 48,0%.

Para o estabelecimento dos tratamentos com lodo de curtume foram utilizadas como referência as taxas de aplicação de 2,5 e 5,0 Mg ha<sup>-1</sup>, na base seca, quantidades próximas das utilizadas em projetos de aplicação de lodo de curtume em áreas agrícolas da região. Estes tratamentos considerando-se a mineralização de 35% do N total do lodo natural

(CETESB, 1999), fornecerão valores próximos de 25 e 50 kg de N para a cultura. Exceto os tratamentos Controle e NPK+calagem (Tabela 2), os tratamentos foram associados com a aplicação de 100 kg de  $P_2O_5$  na forma de fosfato natural, que teve como fonte uma fosforita comercial que apresenta a concentração de 24% de  $P_2O_5$  total e 4% de fósforo solúvel em água. Além do tratamento-controle, foi conduzido um tratamento com correção prévia do solo (1,8 Mg  $ha^{-1}$  de calcário dolomítico) e adubação mineral (NPK) que teve como fonte de N a ureia, de P o superfosfato simples e de K o cloreto de potássio. Os tratamentos com os resíduos, fosforita e calcário foram aplicados em área total e incorporados ao solo com enxadas, enquanto a aplicação de fertilizantes no tratamento com adubação mineral (tratamento NPK+calagem) foi feita 30 dias após, de forma manual, no sulco por ocasião da semeadura do milho. Os tratamentos estão descritos na Tabela 2.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas medindo 4 x 5 m. Trinta dias após a aplicação dos resíduos, fosforita e calcário, sementes de milho (Cultivar Agromen AGL25023) foram semeadas nas parcelas, com espaçamento de 80 cm entre linhas e nove sementes por metro linear. A cultura foi conduzida até a colheita com a utilização de todas as práticas fitotécnicas e fitossanitárias necessárias.

Para a determinação dos teores de nutrientes na parte aérea do milho, aos 75 dias após o plantio, foram coletadas amostras de folhas do terço médio da planta de cada parcela, as quais foram secadas e moídas para determinação dos teores nutricionais foliar de acordo com metodologia de Malavolta et al. (1997). Para quantificação do rendimento final da cultura foram coletadas duas linhas centrais da parcela desprezando-se 1 m de cada extremidade. Após a coleta das espigas as mesmas foram trilhadas e os grãos colhidos e foram pesados com correção de umidade para 13%.

Durante a condução do experimento foram realizadas coletas periódicas de amostras de solo (90, 180 e 360 dias após a incorporação do lodo) em cada parcela do experimento, para análises químicas de fertilidade. A amostragem foi realizada na camada de 20 cm, utilizando-se trado tipo sonda, com coleta de quatro pontos em cada parcela, os quais constituíram

uma amostra composta. O material foi então homogeneizado e submetido à análise química de solo visando quantificação dos teores de fósforo, cálcio e saturação por bases, utilizando-se metodologia descrita por Van Raij et al. (2001), na qual o teor de fósforo é quantificado utilizando-se resina trocadora de íons. Para avaliação do teor de cromo solúvel ( $Cr^{+3}$ ), no solo, procedeu-se a extração utilizando-se 0,5 g de solo que foi digerido em 6 mL de  $HNO_3$  concentrado, em duas parcelas de 3 mL, seguindo metodologia descrita em Costa et al. (2001), com determinação em espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

## Resultados e discussão

Não foi detectada a presença de cromo solúvel ( $Cr^{+3}$ ) nas amostras de solo coletada nas parcelas do experimento. Este fato pode ser explicado pela baixa concentração de cromo no lodo de curtume utilizado, pela taxa de aplicação utilizada e pH do solo acima de 5,0, o que conforme Aquino Neto e Camargo (2000), promove a precipitação do elemento em formas insolúveis no solo.

A avaliação de fertilidade do solo no tempo revelou que a disponibilidade de fósforo solúvel no solo aumentou, na última avaliação, nos tratamentos que receberam as maiores dosagens de lodo natural e compostado associados à fosforita (Tabela 3). Estes dados demonstram que a liberação do fósforo da rocha fosfatada é aumentada pela presença do resíduo orgânico e ocorre de forma lenta e gradual. A maioria dos trabalhos apresenta o lodo de curtume como resíduo pobre em fósforo sendo necessário a sua associação com alguma fonte de fósforo mineral solúvel (COSTA et al., 2001; FERREIRA et al., 2003; KONRAD; CASTILHOS, 2002). Zayed e Abdel-Motaal (2005) relataram que a compostagem de bagaço de cana com esterco de gado enriquecido com fosfato de rocha proporcionou aumento de mais de quatro vezes na concentração de fósforo solúvel no solo comparado à testemunha.

**Tabela 2.** Descrição detalhada dos tratamentos conduzidos no experimento.

| Tratamentos                      | Descrição  |
|----------------------------------|--|
| Controle                         | Solo na condição local do experimento  |
| NPK + calagem                    | 50 kg de N + 100 kg de $P_2O_5$ + 20 kg de $K_2O$ $ha^{-1}$ + 1,8 Mg $ha^{-1}$ de calcário dolomítico. |
| Lodo natural + fosforita         | 2,5 Mg $ha^{-1}$ de lodo + Fosforita (100 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ )                                   |
| Lodo natural (2x) + fosforita    | 5,0 Mg $ha^{-1}$ de lodo + Fosforita (100 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ )                                   |
| Lodo compostado + fosforita      | 2,5 Mg $ha^{-1}$ de composto + Fosforita (100 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ )                               |
| Lodo compostado (2x) + fosforita | 5,0 Mg $ha^{-1}$ de composto + Fosforita (100 kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$ )                               |

O aumento da disponibilidade de fósforo no tratamento que associou a fosforita ao lodo de curtume, em parte deve estar relacionado ao aumento da atividade microbiana no solo já confirmada por Passianoto et al. (2001) e Konrad e Castilhos (2001). A correlação significativa entre aumento da atividade microbiana e fósforo disponível em solo que recebeu fosfato de rocha já foi observada por Minhoni et al. (1996). Sobre a solubilização biológica de fósforo, Branco et al. (2001) concluíram que a atividade microbiana permite a solubilização da rocha fosfática. Pode-se afirmar, com base nos resultados apresentados, que a associação do lodo de curtume com fosfato de rocha é uma alternativa viável para disponibilizar fósforo de forma gradual às plantas, reduzindo o custo do fornecimento de fósforo solúvel pela adubação convencional.

**Tabela 3.** Teores de fósforo na profundidade de 0-20 cm aos 90, 180 e 360 dias para diferentes tratamentos.

| Tratamentos               | Fósforo solúvel no solo (mg dm <sup>-3</sup> ) |          |          |
|---------------------------|--|----------|----------|
|                           | 90 dias  | 180 dias | 360 dias |
| Testemunha                | 13,5 a <sup>1</sup>                            | 16,0 a   | 14,0 b   |
| NPK + calagem             | 17,5 a   | 23,0 a   | 16,3 b   |
| NK + fosforita            | 13,5 a   | 17,5 a   | 14,0 b   |
| Lodo + fosforita          | 12,8 a   | 14,8 a   | 17,8 b   |
| Lodo (2x) + fosforita     | 19,3 a   | 17,3 a   | 24,8 a   |
| Composto + fosforita      | 16,8 a   | 16,8 a   | 16,8 b   |
| Composto (2x) + fosforita | 22,8 a   | 20,0 a   | 21,5 a   |
| CV (%)                    | 28,9   | 23,7     | 22,7     |

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Scott-knott com 5% de probabilidade.

O tratamento com aplicação do dobro da dose de lodo natural (5,0 Mg ha<sup>-1</sup>) com fosforita também proporcionou aumento nos teores de cálcio e na saturação por bases no solo aos 360 dias (Tabela 4). Este aumento de cálcio no solo pode ser pelo elevado conteúdo do elemento no resíduo (Tabela 1), que normalmente é encontrado nas formas de sulfeto e hidróxido (FERREIRA et al., 2003). Resultados semelhantes foram encontrados por Castilhos et al. (2002) e Teixeira et al. (2006). A saturação de bases no solo acima de 70%, recomendada como satisfatória para o cultivo do milho, foi verificada na avaliação final no tratamento lodo natural (5,0 Mg ha<sup>-1</sup>) mais fosforita.

Os teores de fósforo na parte aérea do milho (75 dias de cultivo) apresentaram-se em valores mais elevados nos tratamentos NPK e na maior dose de lodo (5,0 Mg ha<sup>-1</sup>) associado à fosforita (Tabela 5). Ferreira et al. (2003) em experimento com aplicação de doses de 21,3 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de curtume, associado à fonte de fósforo solúvel, também obtiveram aumentos nos teores de fósforo na planta, assim como Zayed e Abdel-Motal (2005) que verificaram aumentos dos teores de fósforo no tecido foliar de feijão após aplicação de composto de

bagaço de cana com 105 dias de idade, enriquecido com fosfato de rocha. A falta de resposta do tratamento NK associado à fosforita demonstra que a presença do lodo de curtume influenciou no aumento da disponibilidade do fósforo presente na rocha fosfatada.

**Tabela 4.** Teores de cálcio e saturação por base do solo na profundidade de 0-20 cm aos 90, 180 e 360 dias nos diferentes tratamentos.

| Tratamentos               | Cálcio (mmol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) |          |          | Saturação por bases (%) |          |          |
|---------------------------|--|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|                           | 90 dias                                      | 180 dias | 360 dias | 90 dias                 | 180 dias | 360 dias |
| Testemunha                | 9,0 a <sup>1</sup>                           | 12,5 a   | 10,8 b   | 47,5 a                  | 57,3 a   | 51,8 b   |
| NPK + calagem             | 13,0 a                                       | 23,8 a   | 13,5 b   | 57,8 a                  | 71,5 a   | 59,5 b   |
| NK + fosforita            | 13,8 a                                       | 11,8 a   | 9,0 b    | 53,3 a                  | 58,3 a   | 47,8 b   |
| Lodo + fosforita          | 10,3 a                                       | 20,8 a   | 13,5 b   | 50,5 a                  | 68,3 a   | 55,0 b   |
| Lodo (2x) + fosforita     | 13,5 a                                       | 20,5 a   | 35,8 a   | 51,3 a                  | 69,2 a   | 72,5 a   |
| Composto + fosforita      | 10,0 a                                       | 13,5 a   | 12,0 b   | 52,0 a                  | 61,5 a   | 54,3 b   |
| Composto (2x) + fosforita | 15,0 a                                       | 21,5 a   | 15,8 b   | 59,5 a                  | 69,3 a   | 59,0 b   |
| CV (%)                    | 15,7   | 18,7     | 17,5     | 12,8                    | 13,1     | 13,7     |

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Scott-knott com 5% de probabilidade.

Os tratamentos conduzidos não aumentaram os teores de nitrogênio e potássio na parte aérea da cultura, os quais ficaram abaixo dos valores recomendados para a cultura (Tabela 5). Estes resultados indicam que é necessário fazer uma suplementação de nitrogênio e potássio para a cultura. Tiritan et al. (2006) utilizando diferentes doses de lodo de curtume no cultivo do milho em casa de vegetação, também não encontraram aumentos dos teores de N na parte aérea aos 60 dias de cultivo, contudo foi encontrado aumento no desenvolvimento das plantas. Isto demonstra que o lodo de curtume como fonte de N tem que ser aplicado em dosagens maiores que as utilizadas neste trabalho, para confirmar nesta situação a indicação do lodo de curtume como fonte de N, conforme citado por Castilhos et al. (2002).

**Tabela 5.** Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de milho cultivado em solo com diferentes tratamentos.

| Tratamentos               | Nitrogênio          | Fósforo e Potássio (g kg <sup>-1</sup> ) |          |
|---------------------------|---------------------|--|----------|
|                           |                     | Fósforo                                  | Potássio |
| Testemunha                | 18,1 a <sup>1</sup> | 1,98 b                                   | 9,2 a    |
| NPK + calagem             | 17,8 a              | 2,43 a                                   | 9,4 a    |
| NK + fosforita            | 18,9 a              | 2,13 b                                   | 9,9 a    |
| Lodo + fosforita          | 18,8 a              | 2,03 b                                   | 10,4 a   |
| Lodo (2x) + fosforita     | 19,1 a              | 2,33 a                                   | 11,8 a   |
| Composto + fosforita      | 18,4 a              | 2,03 b                                   | 11,5 a   |
| Composto (2x) + fosforita | 18,5 a              | 2,05 b                                   | 10,2 a   |
| CV (%)                    | 15,5                | 19,3                                     | 18,7     |

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Scott-knott com 5% de probabilidade.

Na avaliação final de rendimento, observou-se que os tratamentos com a aplicação das maiores doses de lodo natural e compostado associado à fosforita proporcionaram aumento de rendimento da cultura (Tabela 6). Os baixos valores de

rendimentos encontrados para o milho cultivado no verão podem ser pela deficiência nutricional de nitrogênio e potássio detectada na análise foliar da cultura aos 75 dias (Tabela 5). Ferreira et al. (2003) encontraram aumento de rendimento de milho quando utilizaram a adubação mineral simples ou associada com lodo de curtume. O tratamento apenas com adubação mineral não proporcionou rendimentos superiores na cultura do milho comparado à testemunha (Tabela 6). Konrad e Castilhos (2002) concluíram que a incorporação do resíduo lodo de curtume, na dosagem de 20 Mg ha<sup>-1</sup>, resultou em rendimento de milho semelhante ao tratamento com adubação mineral. A aplicação da dose de 5 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de curtume pode ser considerada baixa quando comparada com dosagens utilizadas em outros trabalhos encontrados na literatura. Isto pode suportar a hipótese de que a associação do resíduo com o fosfato natural foi responsável pelos incrementos encontrados no desenvolvimento da cultura.

**Tabela 6.** Rendimento de milho em solo para diferentes tratamentos.

| Tratamentos                                     | Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|---|-----------------------------------|
| Testemunha                                      | 2946 b <sup>1</sup>               |
| NPK + calagem                                   | 3269 b                            |
| NK + Fosforita                                  | 2585 b                            |
| Lodo (2,5 Mg ha <sup>-1</sup> ) + fosforita     | 2783 b                            |
| Lodo (5,0 Mg ha <sup>-1</sup> ) + fosforita     | 3717 a                            |
| Composto (2,5 Mg ha <sup>-1</sup> ) + fosforita | 2849 b                            |
| Composto (5,0 Mg ha <sup>-1</sup> ) + fosforita | 3661 a                            |
| C V(%)  | 19,7                              |

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Scott-knott com 5% de probabilidade.

## Conclusão

A adição do lodo de curtume natural, na dose de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> associado à fosforita (100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), elevou os teores de fósforo no solo e nas folhas de milho bem como proporcionou os maiores valores de cálcio e saturação por bases no solo aos 360 dias da aplicação.

A cultura do milho apresentou deficiência de nitrogênio e potássio, contudo nas doses de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> o rendimento desta cultura foi superior com a incorporação de lodo de curtume natural ou compostado associado à fosforita (100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

## Referências

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O. A. Crescimento e acúmulo de crômio em alfaca cultivada em dois latossolos tratados com CrCl<sub>3</sub> e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 225-235, 2000.

ARAUJO, F. F.; TIRITAN, C. S.; PEREIRA, H. M.; CAETANO JÚNIOR, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e

fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 507-511, 2008.

BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 115-122, 2001.

CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 6, p. 1083-1092, 2002.

CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aplicação de lodos de curtume em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação**. São Paulo, 1999.

CORREA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciado pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

COSTA, C. N.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; KONRAD, E. E.; PASSIANOTO, C. C.; RODRIGUES, C. G. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 3, p. 189-191, 2001.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 755-763, 2003.

HUSSAIN, A. A.; ABO GHALIA, H. H.; ABDALLAH, S. A. Rock phosphate solubilization by Aspergilli species grown on olive-cake waste and its application in plant growth improvement. **Egyptian Journal of Biology**, v. 3, p. 89-86, 2001.

KONRAD, E. E.; CASTILHOS, D. D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 257-265, 2002.

KONRAD, E. E.; CASTILHOS, D. D. Atividade microbiana em um planossolo após adição de resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 131-135, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997.

MINHONI, M. T. A.; EIRA, A. F.; BULL, L. T. Biomassa microbiana, liberação de CO<sub>2</sub>, fósforo disponível e pH em solo que recebeu glicose e fosfato de rocha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 2, p. 387-392, 1996.

PASSIANOTO, C. C.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R.; LIMA, C. L. R. Atividade e biomassa microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de

curtume. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 125-130, 2001.

TEIXEIRA, K. R. G.; GONÇALVES FILHO, L. A. R.; CARVALHO, E. M. S.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupí. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1071-1076, 2006.

TIRITAN, C. S.; ARAÚJO, F. F.; MOREIRA, J. Efeito de lodo de curtume na fertilidade do solo, absorção de cromo, nutrição e rendimento de matéria seca em milho. **Ecossistema**, v. 31, n. 1, p. 53-59, 2006.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997.

VASSILEV, N.; MEDINA, A.; AZCON, R.; VASSILEVA, M. Microbial solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes and effect of the resulting products on plant growth and P uptake. **Plant and Soil**, v. 287, n. 1, p. 77-84, 2006.

ZAYED, G.; ABDEL-MOTAAL, H. Bio-production of compost with low pH and high soluble phosphorus from sugar cane bagasse enriched with rock phosphate. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 21, n. 5, p. 747-752, 2005.

*Received on March 5, 2008.*

*Accepted on May 9, 2009.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.