# MARCOS JERÔNIMO ARAUJO DE MORAIS

DISPONIBILIDADE DE CÁDMIO EM DIFERENTES SOLOS DO RIO GRANDE DO NORTE

# **Livros Grátis**

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

## MARCOS JERÔNIMO ARAUJO DE MORAIS

# DISPONIBILIDADE DE CÁDMIO EM DIFERENTES SOLOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Mossoró como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADORA: ALESSANDRA M. S. MENDES, DSc

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da ESAM

## M827d Morais, Marcos Jerônimo Araujo de.

Disponibilidade de cádmio em diferentes solos do Rio Grande do Norte / Marcos Jerônimo Araujo de Morais. - Mossoró: 2005.

86f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação.

Área de Concentração: Manejo, fisiologia e melhoramento de plantas para o semi-árido.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Alessandra M. S. Mendes.

1.Solo - Fertilidade. 2.Cádmio. 3.Absorção. I. Título. CDD 631.42

> Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa CRB/4 1254

# MARCOS JERÔNIMO ARAUJO DE MORAIS

# DISPONIBILIDADE DE CÁDMIO EM DIFERENTES SOLOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Mossoró como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia

Gustavo Pereira Duda - DSc	José Simplicio de Holanda - DSc

ESAM – Mossoró - RN Conselheiro

APROVADA EM: \_\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

José Simplicio de Holanda - DSc EMPARN - RN Conselheiro

Alessandra Monteiro Salviano Mendes - DSc ESAM – Mossoró - RN (Orientadora) Aos meus pais pelo estímulo, confiança e amor. Aos meus irmãos e sobrinhos, pelo incentivo. Aos meus amigos de hoje e sempre Alfredo, Teresa, Júlio César, Walburga e Matheus, pelo apoio nos momentos difíceis de minha caminhada.

**Dedico** 

A minha querida Sheila Kaline, pelo amor, força, amizade, companheirismo e compreensão nos maus e bons momentos.

Ofereço

#### **AGRADECIMENTOS**

A Deus, princípio e fim de todas as coisas, que incomparável e inconfundível na sua infinita bondade, compreendeu meus anseios dando-me a necessária coragem para atingir meu objetivo.

A Escola Superior de Agricultura de Mossoró, pela oportunidade ensejada para ampliação de meus conhecimentos.

Aos professores Alessandra Monteiro Salviano Mendes e Gustavo Pereira Duda, pelo incentivo e apoio, pelos ensinamentos transmitidos e pela dedicação no planejamento, execução e orientação dos trabalhos.

Ao professor José Simplicio de Holanda, por ter conseguido junto a EMPARN a viabilização das análises desta dissertação.

Ao Alfredo, pela paciência e dedicação nas análises das amostras do trabalho, em laboratório da EMPARN.

A CAPES, pelo auxílio financeiro para a realização dessa pesquisa.

Aos colegas da equipe de trabalho Danielle da Silva Oliveira e Laerte Bezerra Amorim, pelo auxílio na implantação e condução do experimento.

Aos Funcionários do Laboratório de Solos da ESAM, pela ajuda nas análises químicas e físicas do trabalho.

Aos colegas de Pós-graduação, pela agradável convivência durante o curso.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

Muito Obrigado!

# DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

MARCOS JERÔNIMO ARAUJO DE MORAIS, filho de Amaro Emídio de Morais e Zilda Torres Araujo de Morais, nasceu no dia 05 de Abril de 1975 no município de Patos – PB, onde concluiu o 1º Grau em 1989. Em 1993, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Campus III em Areia – PB, concluindo em 1999. Em Março de 2003, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia: Fitotecnia, pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, em Mossoró, concluindo em Março de 2005.

#### **RESUMO**

MORAIS, Marcos Jerônimo Araujo de. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Março de 2005. **Disponibilidade de cádmio em diferentes solos do Rio Grande do Norte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), Mossoró, 2005.

Conduziu-se um experimento, no período de março a outubro/2004, em casa de vegetação e no laboratório do Departamento Ciências Ambientais (Divisão de Solos) da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, com o objetivo de avaliar e comparar cinco extratores químicos: Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub> e Água régia como indicadores da disponibilidade de cádmio (Cd) para plantas de milho (Zea mays), em solos do pólo fruticultor Assú-Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Os tratamentos resultaram de uma combinação de cinco solos (Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico, Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho Amarelo), duas doses de Cd (0 – 570 mg  $dm^{-3}$ ) e duas profundidades (0 – 10 cm) e (10 – 40 cm), dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas, passadas em peneiras de 4 mm e submetidas à caracterização química e física. Antes da implantação do experimento em casa de vegetação, os solos foram submetidos à correção de acidez, deixando o pH entre 6,5 - 7,0, usando CaCO<sub>3</sub> na proporção de 4:1, incubando-os por 15 dias. Posteriormente, aplicou-se o metal, incubando-os por mais 30 dias. Logo em seguida, foram colocados em vasos plásticos de 3 dm<sup>3</sup> e levados para casa de vegetação, utilizando-se o milho como cultura indicadora. Após quinze dias da germinação, fez-se o desbaste deixando-se uma planta por vaso. Realizou-se adubação com 400 mg de P, 210 mg de K, 180 mg de S e 160 mg de N para cada dm<sup>3</sup> de solo. Aos quinze dias após o desbaste as plantas foram colhidas e conduzidas ao laboratório, submetendo-as a análises para determinação de Cd. As amostras foram submetidas à digestão nitrico-perclórica à proporção de 3:1 (v/v). A extração de Cd pseudo-total nas amostras dos solos, foram feitas por meio da técnica de digestão em tubos digestores contendo ácido clorídrico com nítrico na proporção de 3:1 v/v (água régia). Em todos os extratos o Cd foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica. Os dados foram submetidos à análise de variância e correlação, adotando-se níveis de significância de 1% e 5% de probabilidade. Os níveis de Cd nos solos em condições naturais são baixos e não apresentam riscos. A capacidade de recuperação de Cd pelos extratores utilizados seguiu a seguinte ordem: Água régia > Mehlich-1 > Mehlich-3 > DTPA-TEA > CaCl<sub>2</sub>. O CaCl<sub>2</sub> foi indicado o melhor extrator para a disponibilidade de Cd nos solos, devido ter apresentado maior correlação entre o teor de Cd na matéria seca das plantas de milho e o extraído do solo. O Neossolo Quartzarênico (RQ) permitiu a maior disponibilidade de Cd, favorecendo a maior absorção pelas plantas de milho, tendo o Neossolo Flúvico (RV) e o Cambissolo Háplico (CX), possibilitado as menores concentrações do elemento na matéria seca. Houve correlações significativas e positivas entre todos os extratores analisados na pesquisa. A matéria orgânica correlacionou-se com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA-TEA, influenciando para a maior extração de Cd pelos extratores em comparação com o CaCl<sub>2</sub> e Água régia.

Palavras - chave: metal pesado, extratores, absorção, milho

#### **ABSTRCT**

Morais, Marcos Jerônimo Araujo de. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, ESAM, Mossoró-RN 2005. **Avalability of cadmium in different soils of the State of Rio Grande do Norte.** 2005. Dissertation (MS in Agronomy: Plant Science) – Escola Superior de Agricultura dde Mossoró (ESAM), Mossoró, 2003.

We have conducted a test, between March and October of 2004, in a vegetation house and in the Laboratory of Environmental Science Department (section of soil) of the Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, the principal goal was to evaluate and to compare five chemical products: Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub> and Aqua regia to indicate the availability of cadmium (Cd) to the corn (Zea mays), in horticultural soils Assú-Mossoró, in the State of Rio Grande do Norte. The treatments gave a result of a combination of five different soils (Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico, Cambissolo Háplico and Argissolo Vermelho Amarelo), two portions of Cd (0 - 570 mg dm<sup>-3</sup>) and two depth (0 - 10 cm and 10 - 40 cm), arranged in experimental outline, with three repetitions. Samples of soils were dry by the air, they weren't toasted, homogenized and passed in sieves of 4 mm and submitted to chemical and physical characterization. Before the portions of soil have been conducted to the vegetation house, the soils they were submitted to a correction of ph, letting it in 6,5 - 7,0, using CaCO<sub>3</sub>, with the proportion of 4:1, incubating them fifteen days resting. After that we've put the metal in the models, and let them incubating them for more thirty days. After this period, were placed in plastic jars of 3 dm<sup>3</sup> and they're been taken to the vegetation house, utilizing the corn as the indicative culture. Fifteen days after the germination, we've made the separation, leaving one plant in each jar. we've made the fertilization with 400 mg of P, 210 mg of K, 180 mg of S and 160 mg of N, to each dm<sup>3</sup> of soil. Fifteen days after the hewing the plants were harvested ande tanken to the laboratory and submitted to analyses for determination of Cd. The samples were submitted the digestion nitro-perchloric absorption of 3:1 (v/v). The extraction of Cd, was made, but not totally in the portions, by the digestion technique in digesting tubes with hydrochloric acid with a proportion of 3:1 v/v (Aqua regia). In all the extracts the Cd was determined by atomic absorption spectrophotometry. The information was submitted to a variation and correlation, with levels of significance of 1% and 5% of probability. The Cd levels in the soils natural conditions are low and do not present any risk. The capability of recovery of the Cd by the used products followed the order: Aqua regia, > Melish-1 > Mehlish-3 > DTPA-TEA > CaCl<sub>2</sub>. The CaCl<sub>2</sub>, was designated as the best product for the availability of Cd in the soils it has presented the biggest correlation between the dry corn plants and the one found in the soil. The Neossolo Quartzarênico (RQ), permited a the biggest availability of Cd, favoured the absorption by the corn plants, having the Neossolo Flúvico (RV) and the Cambissolo Háplico (CX), enabled the smallest element concentrations in the dried material. There were positive and significant correlations between all the products used in the research. The organic material had a correlation with Mehlich-1, Mehlich-3, and DTPA-TEA, influencing to a bigger extraction of Cd by the products in comparison with the CaCl<sub>2</sub> and Aqua regia.

Keywords: Heavy metal, extractors, absorption, corn.

# SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Características do cádmio e sua utilização	13
2.2. Fontes de contaminação de cádmio no solo	14
2.3. Toxidade de cádmio para homens e plantas	16
2.4. Disponibilidade de cádmio no solo	17
2.5. Extratores mais comuns e sua classificação	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Coleta e preparo das amostras	21
3.2. Caracterização química e física das amostras	21
3.3. Montagem do experimento	24
3.4. Determinação de cádmio nas amostras de solo	24
3.4.1 Cádmio pseudo-total	24
3.4.2 Cádmio disponível	25
3.4.2.1 Mehlich-1	25
3.4.2.2 Mehlich-3	25
3.4.2.3 DTPA-TEA	25
3.4.2.4 CaCl <sub>2</sub>	26
3.5. Extração de cádmio nas plantas	26
3.6. Delineamento experimental e análises estatísticas	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXO	17

# 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Estado do Rio Grande do Norte mostrou um crescimento considerável na atividade da fruticultura tropical, tornando-se um grande produtor de melão, como também de outras culturas como, acerola, caju, manga, mamão e banana. A exploração dessa atividade cresceu muito rapidamente, principalmente nas regiões da Chapada do Apodi, Mossoró e Assú, onde hoje está situado o Pólo Fruticultor Assú-Mossoró. Essas atividades econômicas são fontes antropogênicas de acúmulo de metais pesados no ambiente, devido a essa exploração agrícola ser altamente tecnificada, com grande aporte de insumos. Pois sabese que, na maioria das vezes, essas empresas usam de forma excessiva e sem controle, produtos que podem contaminar o solo e os mananciais de água, com fertilizantes, corretivos e agrotóxicos.

Pesquisadores estudando metais pesados nos ecossistemas, descobriram altas concentrações desses elementos próximos à áreas de complexos urbanos, industriais e áreas rurais com agricultura amplamente tecnificada. Os solos dessas localidades vêm sendo poluídos com vários metais pesados inclusive o cádmio (ALLOWAY, 1990).

Na ultima década, cresceu a exigência do mercado externo por boas práticas agrícolas que não causem tantos danos ao meio ambiente, principalmente no solo e na água. Também aumentou a demanda por produtos que não causem problemas de toxidez ao homem. No entanto, para isso é importante que se desenvolvam trabalhos de monitoramento do solo, da água e das plantas no que se refere aos teores máximos de metais permitidos pelos países importadores. Assim, a determinação da disponibilidade desses metais, torna-se muito importante para a avaliação dos riscos desses elementos serem absorvidos pelas plantas e entrarem na cadeia alimentar, comprometendo assim, a comercialização de nossas frutas e derivados no mercado internacional.

Apesar do teor total de Cd no solo não ser um bom indicador da sua fitodisponibilidade, é necessário seu conhecimento para fins de monitoramento, como forma identificar sua acumulação no solo ao longo do tempo. Além disso, é de suma importância

que se tenha conhecimento dos processos que controlam a disponibilidade e mobilidade do Cd em solos, ou seja, sua movimentação no meio ambiente, favorecendo o entendimento do seu ciclo biogeoquímico, com o intuito de diminuir possíveis efeitos tóxicos, que prejudiquem a qualidade do solo e das plantas. Todavia, ainda não há trabalhos realizados no Estado do Rio Grande do Norte para definição de extratores de metais pesados e micronutrientes para a fração disponível, principalmente em solos do Pólo Fruticultor Assú-Mossoró.

Dentre os extratores usados em todo o mundo, os mais empregados para diagnosticar a disponibilidade de elementos nos solos, estão o DTPA-TEA, Mehlich-1 e o Mehlich-3 (RAIJ, 1994), sendo que em geral os extratores utilizados para metais pesados são os mesmos usados na extração de micronutrientes. Contudo, deve-se desenvolver pesquisas que estudem o comportamento desses elementos no sistema solo-planta e nos resíduos, a fim de encontrar soluções ou métodos de controle, que ajudem a monitorar o acúmulo desses metais nos solos e nas plantas, reduzindo os riscos de poluição ambiental.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar cinco extratores: Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub> e Água régia, como indicadores da disponibilidade de Cd para plantas de milho (*Zea mays*) em cinco solos do pólo Fruticultor Assú-Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte.

#### 2 REVISÃO DE LITERATURA

O termo metais pesados atribui-se a elementos químicos que apresentam densidade superior a 5 kg dm<sup>-3</sup> (ABREU, 2002). Tal expressão envolve um grupo de metais, semi-metais e até mesmo não metais (Se), incluindo tanto elementos essenciais aos seres vivos (por exemplo, Zn, Cu, Mn, Co, Mo) e não essenciais como Pb, Cd, Hg, As, Ti e V, conhecidos por metais tóxicos (ALLOWAY, 1990). Conforme Singh & Steinnes (1994) dentre os metais pesados mais conhecidos estão o Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Co, Fe, Hg, Mn, Mo e Sn, que são utilizados principalmente na indústria. Destes, os que são considerados mais perigosos e tóxicos ao meio ambiente são Cd, Cu, Zn, Hg, Ni e Pb. Segundo Robards (1991) o Cd, dentre os metais pesados contidos no biossólido, é uma fonte considerável de contaminação, devido sua longa persistência no solo, o que facilita sua bioacumulação. Outros autores comentam que esse metal fica praticamente imóvel no perfil do solo (CHANG et al., 1984; LI, 1994). Em solos que apresentam condições ácidas existe certa mobilidade do Cd, devido a menor ocorrência dos fenômenos de adsorção e co-precipitação (AMARAL SOBRINHO, 1998).

#### 2.1 Características do Cádmio e sua utilização

O nome cádmio vem do latim *cadmia*, representado por Cd, pertencente ao mesmo grupo de zinco (Zn) na tabela periódica, IIb. Foi descoberto em 1817 por Stromeyer, mas sua produção comercial só se tornou importante a partir do início do século, tornando-se portanto, o metal do século XX (WHO, 1996; MATTIAZZO – PREZZOTO, 1994). Geralmente, os metais pesados são encontrados em pequenas concentrações, associados a outros elementos químicos, formando minerais e rochas. Do ponto de vista químico, são altamente reativos, sendo difícil encontrá-los em estado puro na natureza, tornando-se relativamente raros (GREENWOOD & ERANSHAW, 1989). Está associado a sulfatos em minérios de Zn, Pb e Cu. O Cd tem consistência mole podendo ser cortado facilmente com uma faca, apresentando-se na cor prata-esbranquiçado, metálico lustroso ou azulado (ATSDR, 1997; MEDITEXT, 2000).

Normalmente, o Cd é encontrado em resíduos de indústrias, como os de revestimentos, tintas e plásticos. Tal elemento pode ser depositado no solo por meio de metais fundidos com Zn, óleos combustíveis, resíduos de pneus, lubrificantes, lodo de esgoto, fertilizantes fosfatados e lixo urbano (RAIJ, 1991). A explicação para que esse metal esteja junto ao Zn na natureza, se dá devido suas propriedades físicas e químicas semelhantes, sendo ambos encontrados em minerais e minérios geralmente em uma relação de 1:100 a 1:1000 (ILO, 1998) sendo sua ocorrência principal sob forma de sulfetos.

Na década de 20 houve uma pequena produção de Cd no mundo, todavia nesses anos houve um rápido aumento por causa do desenvolvimento industrial e da utilização desse metal em eletrodeposição. A produção mundial aumentou consideravelmente na década de 70, e voltou a aumentar a partir de 1980, chegando a aproximadamente 19 mil Mg em 1987 (WILSON, 1988; WHO, 1992).

Em muitos países houve pressão para regulamentar a redução e a eliminação do uso de Cd na última década. Em alguns países, como os EUA, existem agências federais que possuem regulamentação sobre esse elemento no ambiente. Dependendo do desenvolvimento industrial, das restrições ambientais, das fontes naturais e dos níveis comerciais o consumo de Cd pode variar de país para país (CARDOSO & CHASIN, 2001). O Cd tem sido utilizado na industrialização por causa do seu baixo ponto de fusão sendo utilizado na fabricação de ligas metálicas de baixo ponto de fusão e grande resistência à fadiga. Alguns materiais que possuem esse elemento também são usados como compostos fluorescentes em televisores e na odontologia, sendo constituinte da amálgama (CARDOSO & CHASIN, 2001).

### 2.2 Fontes de contaminação de Cádmio no solo

O avanço no crescimento industrial e tecnológico tem acarretado grandes aumentos na produção de Cd e conseqüentemente a quantidade de resíduos que são jogados no ambiente também tem aumentado, alterando as condições de equilíbrio da natureza, seja pela degradação dos recursos naturais, acúmulo de rejeitos conduzindo à poluição do solo, do ar, das águas, causando danos à qualidade de vida do nosso planeta (CASTRO NETO, 1985). Esse metal pode ser depositado na natureza por duas grandes categorias de fontes: naturais (erupções vulcânicas, ação do intemperismo sobre o material de origem do solo etc.) e antropogênicas (indústrias, agricultura etc.). As emissões podem ocorrer para o ar, água e solo, sendo de grande importância o intercambio entre os três meios. A quantidade emitida no

ar tem maior mobilidade que na água, que por sua vez é maior que no solo. (WHO, 1996). As altas concentrações desses elementos são resultados da deposição atmosférica e da aplicação de fertilizantes (McBRIDE & SPIERS, 2001), agrotóxicos, corretivos (NUNEZ et al., 1999), água contaminada utilizada na irrigação (RAMALHO, 1999), lodo de esgoto e resíduos siderúrgicos (AMARAL SOBRINHO, 1999; McLAUGHLIM & SINGH, 1999), aplicados ao solo como fonte de nutrientes.

Na agricultura moderna, o uso de biossólido, que nada mais é do que lodo de esgoto tratado, nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e vermicompostos de lixo urbano está se tornando hoje uma das práticas mais comuns na adubação dos solos, pois tal material proporciona um considerável incremento no teor de matéria orgânica, possibilita o fornecimento de nutrientes, melhora a permeabilidade do solo, a agregação das partículas minerais, diminuição da acidez e o aumento da atividade biológica (GUISQUIANI, et al., 1995; OLIVEIRA, 1995; ALVES, 1999). Embora essa prática traga efeitos benéficos, deve-se considerar os riscos ambientais, devido à presença de metais pesados que podem se acumular no solo (CHANG, 1997). O acúmulo desses elementos no solo inviabiliza seu uso agrícola, contaminando as plantas e podendo afetar a saúde dos consumidores (EGREJA FILHO, 1993).

Em solos agrícolas, as principais vias de contaminação são representadas pelos resíduos industriais, aplicação de lodo e fertilizantes fosfatados (McLAUGHLIN & SINGH, 1999), pois fertilizantes nitrogenados e potássicos geralmente contêm concentrações de metais pesados muito menores (McBRIDE & SPIERS, 2001) e representam pequena possibilidade de contaminação. Fosfatos de rocha constituem a matéria-prima para a fabricação dos fertilizantes fosfatados solúveis e são amplamente utilizados *in natura* como fonte de fósforo. É conhecido que esses fosfatos contêm naturalmente teores de vários metais pesados que podem ser de preocupação quanto a contaminação ambiental (ALLOWAY, 1990; AGBENIN, 2002) e que no processo de produção de fontes mais solúveis de fósforo a maior parte dos metais permanece no fertilizante. Por exemplo, Mortverdt (1987) observou que 60% do Cd presente em superfosfato triplo foi proveniente da própria rocha fosfática.

A contaminação do solo proveniente dos adubos fosfatados tornou-se uma preocupação em diversos países do mundo e vários trabalhos de pesquisa têm avaliado a presença de metais pesados nesses insumos (GABE & RODELLA, 1999; CAMARGO et al., 2000; PROCHNOW, 2001; MCBRIDE & SPIERS, 2001; ALVES, 2003). Os principais fosfatos naturais brasileiros apresentam baixos teores de metais pesados (LANGENBACH & SERPA,

1985; CAMARGO et al., 2000). Por este motivo, superfosfatos produzidos a partir dessas fontes apresentaram teores de Cd entre 5,1 a 9,4 mg kg<sup>-1</sup> (PROCHNOW, 2001).

Devido ao teor relativamente baixo de Cd em fertilizantes comerciais, muitos pesquisadores têm recomendado sua utilização sem restrições quanto a problemas de contaminação ambiental. No entanto, pouca informação está disponível sobre a absorção desses metais por plantas em solos adubados com diferentes fertilizantes fofatados e o efeito de acumulação desse elemento no solo a longo prazo. Mortverdt (1987) encontrou que a absorção de Cd por plantas de trigo aumentou com a aplicação de fosfato diamônio ao solo. Prochnow (2001) observou que a absorção de Cd por plantas de milho adubadas com fertilizantes fosfatados foi significativamente afetada não apenas pelas fontes de fósforo mas também pela forma de aplicação.

#### 2.3 Toxidade de Cádmio para homens e plantas

O Cd é classificado como um elemento extremamente tóxico, influenciando o metabolismo das plantas, dos animais e dos homens. Para o homem, o Cd juntamente com o Hg são considerados os metais mais tóxicos (FERGUNSON, 1990), sendo a alimentação sua principal via de entrada no organismo dos homens, com uma ingestão máxima tolerável, para adultos, de 15 a 50 µg dia<sup>-1</sup> (WHO, 1996).

Conforme Tavares & Carvalho (1992) aproximadamente 95% do Cd é eliminado pelo organismo, sendo pouco absorvido quando introduzido via oral. Porém, o restante se acumula nos rins e no fígado, permanecendo por até 10 anos nesses órgãos. Por isso a ingestão de quantidades excessivas desse metal pelo homem, seja por meio de alimento ou água, pode levar a diminuição do nível de hemoglobina e mau funcionamento dos rins. O excesso de Cd não causa somente danos aos rins, mas influencia também o metabolismo causando severas conseqüências aos ossos. Segundo Mattiazzo – Prezzoto (1994) o único caso de doença causada por toxidade de Cd no mundo foi a itai-itai, ocorrida no Japão em pessoas que se alimentavam de arroz com alta concentração desse metal. Tal doença caracteriza-se pela osteomalácia ou amolecimento dos ossos, sendo observada principalmente em gestantes. De acordo com Alloway (1990) o hábito de fumar é também uma importante fonte de contaminação por esse metal, pois os fumantes estão sujeitos ao adicional de 20 a 35 µg de Cd por dia em sua dieta em comparação aos não fumantes.

O Cd não é essencial para as plantas, mas como apresenta características semelhantes ao Zn, torna-se de fácil absorção e translocação pelas plantas apresentando grande capacidade de movimentação, todavia, a capacidade em absorver, acumular e tolerar Cd varia entre as espécies vegetais.

De acordo com Alloway (1990) a toxidade de Cd provoca nas folhas clorose, murchamento e redução de crescimento, porém esses sintomas são raramente encontrados. A toxidez causada pelo Cd provoca diminuição das taxas de crescimento relativo, dos pesos das matérias seca e fresca em raízes e diminuição nos conteúdos de clorofila e carotenóides (OLIVEIRA et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2002; SALVIANO et al., 2005). Conforme Prasad (1995) esse elemento provoca alteração nas taxas de absorção líquida de CO<sub>2</sub>, na eficiência do uso de água, na condução dos estômatos e na transpiração. Ainda segundo o mesmo autor, esse metal causa efeito nocivo sobre a clorofila e sobre o desenvolvimento do cloroplasto influenciando negativamente no processo fotossintético. Alguns sintomas de toxidez desse metal em plantas, já foram relatados para culturas como milho, repolho, trevo branco e fumo (YANG et al., 1996; SALVIANO et al., 2005).

#### 2.4 Disponibilidade de Cádmio nos solos

Os principais critérios utilizados para diagnosticar a disponibilidade de metais são o histórico da área e a análise do solo (ABREU et al., 1995). Diversos trabalhos vêm tentando combinar metodologias de extração de metais pesados com biodisponibilidade. (KORCAK & FANNING, 1978; ABREU et al., 1995).

Com relação às características do solo, o pH tem papel fundamental na disponibilidade e solubilidade de metais pesados, sendo um dos mais importantes fatores na disponibilidade de micronutrientes para as plantas (ABREU, 2001). Geralmente o aumento de pH do solo promove diminuição da disponibilidade dos metais por meio de reações de precipitação e pelo aumento da adsorção por colóides de carga variável (SHUMAN, 1998). De acordo com Mazur (1997) a disponibilidade de metais pesados, incluindo o Cd, Pb, Ni e Cu decresce rapidamente nos solos quando o pH aumenta de 4 para 6. Ele causa efeitos na distribuição dos metais, em suas diferentes formas no solo, tendo implicações importantes na retenção e mobilidade desses elementos, principalmente em solos contaminados (SIMS, 1986; NASCIMENTO, 2001). Do mesmo modo, quando a capacidade de troca catiônica dos solos aumenta, a disponibilidade desses elementos também decresce.

#### 2.5 Extratores e sua classificação

Na avaliação da disponibilidade estão sendo estudados vários extratores químicos que de acordo com o grau de correlação entre as quantidades extraídas do solo e quantidades absorvidas pelas plantas atribui-se sua eficiência (KIEKENS & COTTENIE, 1985).

Geralmente os extratores químicos que quantificam os metais disponíveis, são classificados em seis grupos sendo estes as soluções ácidas, quelantes, salinas, água ou extrato de saturação, oxidantes/redutoras e os combinados (ABREU, 2002). Os extratores que tem mais se destacado são as substâncias quelantes, além de suas combinações e soluções ácidas (SINGH & NARWAL, 1984; DANG, 1990; KING & HAJJAR, 1990; BORGES, 2002). Dentre os extratores usados em todo mundo, os mais empregados para diagnosticar a disponibilidade de elementos no solo e em laboratórios de análises do Brasil, estão o DTPA-TEA, Mehlich-1 e o Mehlich-3 (RAIJ, 1994; EMBRAPA, 1997). Para selecionar extratores que avaliem a disponibilidade de nutrientes para as plantas, recomenda-se usar solos que nunca foram adubados ou que se encontram relativamente equilibrados químicamente (BATAGLIA & RAIJ, 1989; FERREIRA & CRUZ, 1992).

O CaCl<sub>2</sub> pertence ao grupo dos sais neutros (ABREU, 2002), e é tido como o melhor extrator para avaliação da disponibilidade de metais pesados, tornando-se um método simples e rápido, embora tenha a desvantagem de extrair metais em uma concentração baixa dificultando sua determinação analítica. (HOODA, 1997). Atualmente, com inclusão de novas técnicas instrumentais, consegue-se quantificar baixas concentrações desse elemento tornando o uso dessas soluções extratoras mais rotineiro. Diferentes estudos mostram falha da estimativa no modo de extração dos metais por essas soluções salinas, pois em muitos casos, os extratores são usados sem levar em consideração o modo de ação do extrator e a química dos metais pesados (ABREU, 2002). A extração pelo CaCl<sub>2</sub> é baseada, principalmente, no deslocamento de metais trocáveis pelo Ca<sup>2+</sup> (HOODA, 1997). Em trabalho feito por Borges (2002), com a solução extratora CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, observou-se que os solos estudados apresentaram um teor em torno de 0,07 mg kg<sup>-1</sup> do metal nas amostras naturais. Observou-se ainda que a concentração dessa solução extratora poderia não ter sido suficiente para extrair o Cd destes solos, não observando variação nos dados possivelmente devido este elemento em condições naturais não se encontrar em quantidade considerável em solução ou até mesmo fracamente adsorvido no solo. Krishnamurti (2000) constatou que a extração de Cd usando uma solução de 0,05 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub> foi superior em comparação a extração que empregouse uma solução de 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Esse extrator, foi defendido na Nova Zelândia e na Europa baseado na suposição de que o Ca<sup>2+</sup> da solução de CaCl<sub>2</sub> facilitaria a troca e o Cd estaria na maior parte ligado a minerais (KRISHNAMURTI, 2000).

O DTPA-TEA pH 7,3 tem a capacidade de se combinar com o íon-metálico em solução e formar complexos solúveis que diminuem a sua atividade iônica na solução do solo (ABREU, 2002), baseando-se na habilidade de formar complexos estáveis com vários metais pesados, ou seja, ele solubiliza competindo com êxito com a matéria orgânica (BORGES, 2002), tendo sido muito utilizado para predizer a quantidade de metais pesados nas plantas. Segundo Roca (1991) o DTPA-TEA indica a disponibilidade de metais em solos tendo a grande vantagem de extrair ao mesmo tempo vários elementos essenciais para plantas, além dos metais pesados. Xiu et al. (1991) afirma que esse extrator é o melhor na extração de metais, no entanto, quando comparado ao Mehlich-3, apresenta a desvantagem do longo tempo de agitação, sendo de duas horas, enquanto que, no Mehlich-3 é de apenas cinco minutos.

Em diversos trabalhos esse extrator tem sido utilizado na extração de metais pesados e outros além de Cu, Mn e Zn, diferente do proposto inicialmente por Lindsay & Norwell (1978) em tipos de solos variados que foram tratados com biossólidos (NASCIMENTO et al. 2004; ANJOS & MATTIAZZO, 2001).

Em se tratando dos extratores ácidos, sua extração tem como princípio a dissolução dos minerais de argila, havendo dificuldade na definição da formas extraídas, sendo que quantidade de metais solubilizados do solo dependerá da relação solo : solução, do tempo gasto na extração e da concentração de ácido. No geral, as soluções concentradas de ácidos fortes estão sendo evitadas devido extraírem metais não-lábeis da fase sólida, já as soluções diluídas de ácidos fortes retiram os metais da solução do solo e parte daqueles adsorvidos, (ABREU, 2002).

Em solos tratados com biossólidos, têm-se adotado também o uso de Mehlich-1 e Mehlich-3, HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e HNO<sub>3</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup> (PETRUZZELI, 1989; SINGH, 1994; OLIVEIRA et al. 1994; BERTONCINI, 1997), sendo que outros pesquisadores vêm obtendo boas correlações para apenas alguns metais com essas técnicas de extração. Anjos & Mattiazzo (2001) testando a eficiência dos extratores HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, Mehlich-1, DTPA-TEA e da água régia na fitodisponibilidade de metais pesados presentes em solos tratados com biossólido, observaram que o Mehlich-3 foi eficiente apenas na previsão da fitodisponibilidade de Cu e Zn, sendo que, nenhum dos extratores estudados foi eficiente na previsão da disponibilidade de Cd, Ni, Cr, e Pb para plantas de milho.

Mulchi et al. (1991) observaram coeficientes de correlação significativos entre teores de Cd, Cu e Zn em plantas de tabaco e os extraídos com soluções de Mehlich-1, e Mehlich-3 em solos tratados com biossólido. Contudo, nenhum dos extratores foi capaz de avaliar a disponibilidade de ferro e do chumbo.

Oliveira & Mattiazzo (2001) concluíram que o Mehlich-3 e o DTPA-TEA foram eficientes na avaliação da disponibilidade de Zn, mas não do Cu. Em solos que foram aplicados composto de lixo urbano por dois anos seguidos, os extratores Mehlich-3 e o DTPA-TEA tiveram mesma capacidade na avaliação da disponibilidade de Ni, Hg, Cu e Zn em cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2002).

De acordo com Kiekens & Cottenie (1985) para se prever a fitodisponibilidade de metais contidos no solo, o teor total desses elementos não é um bom parâmetro. Entretanto, essa determinação tem o intuito de obter dados sobre o acúmulo desses metais ao longo do tempo. Para essa análise exige-se o uso de digestão feita por ácido fluorídrico (HF) junto com outros ácidos fortes, porém o seu uso em laboratório não é recomendável, devido esse reagente ser de difícil manuseio. Por isso é comum usar preferencialmente ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) isolado ou misturado com outros ácidos como o perclórico (HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> – 5 : 1) e o ácido clorídrico (HCl). Anjos (1999) e Mantovani (1999) uma variação dos teores totais desse elemento não é encontrada na literatura, havendo a necessidade do estabelecimento de valores referentes a esse metal para solos muito intemperizados sob clima tropical. Para a comunidade científica, o teor total natural de Cd de um solo, não exibe relação ou ela é muito pequena, com a fitodisponibilidade, contudo, em particular para solos ácidos tratados com resíduos possuindo metais pesados, deve-se destacar que a quantidade total pode está próxima à disponível (LOGAN & CHANEY, 1983; KIEKENS & COTTENIE, 1985).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta e preparo das amostras

Utilizaram-se amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm de cinco solos do Estado do Rio Grande do Norte, coletadas em localidades próximas aos municípios de Serra do Mel, Mossoró, Baraúna e Assú escolhidos em função da sua representatividade na área de produção do pólo fruticultor Assú-Mossoró. Os solos foram classificados como o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), Neossolo Quartzarênico (RQ), Neossolo Flúvico (RV), Cambissolo Háplico Típico (CX) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA). Os mesmos foram secos ao ar, destorroados, homogeneizados e passados em peneiras de 4 mm de abertura de malha.

**QUADRO 1** - Classificação, profundidade e locais de coleta dos solos estudados.

Solos	Profundidade (cm)	Locais de Coleta
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0-10	Serra do Mel-RN
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10-40 0-10	Mossoró-RN
Neossolo Flúvico (RV)	10-40 0-10	Assú-RN
,	10-40	
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0-10 10-40	Baraúna-RN
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0-10 10-40	Assú-RN

#### 3.2 Caracterização química e física das amostras

Amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) foram submetidas à caracterização química (Quadro 2) e física, (Quadro 3), realizando-se análises de rotina do laboratório. Determinou-se o pH em água, na relação 1:2,5 de solo:solução; o carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley-Black. O potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama, após extração com Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> + HCl mol L<sup>-1</sup>), enquanto o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por titrimetria. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria usando ácido ascórbico como redutor, apos a extração com Mehlich-1. Todos conforme EMBRAPA (1997).

**QUADRO 2** - Características químicas das amostras dos solos estudados.

Solo	Prof.	pH <sup>1</sup>	Al <sup>3+ 2</sup>	Ca <sup>2+2</sup>	Mg <sup>2+ 2</sup>	Na <sup>+3</sup>	K <sup>3</sup>	$P^3$	C 4	MO <sup>5</sup>
	(cm)			cn	nol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0-10	4,70	0,50	2,00	0,60	0,03	0,05	4,56	7,00	12,1
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10-40	4,60	0,50	2,40	0,50	0,03	0,05	1,75	3,90	6,70
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0-10	5,40	0,20	4,40	0,50	0,02	0,13	9,43	14,0	24,1
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10-40	5,00	0,25	2,70	0,50	0,02	0,10	8,35	3,90	6,70
Neossolo Flúvico (RV)	0-10	6,60	0,05	6,60	1,80	0,05	0,58	8,97	11,7	20,2
Neossolo Flúvico (RV)	10-40	6,40	0,05	9,00	2,00	0,08	0,72	3,67	7,00	12,1
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0-10	7,30	0,00	13,00	2,30	0,17	1,87	16,41	13,2	22,8
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10-40	7,20	0,00	13,00	1,60	0,20	0,72	9,28	1,60	14,8
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0-10	5,10	0,15	6,10	0,80	0,05	0,18	12,56	14,0	24,1
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10-40	5,10	0,15	3,40	0,60	0,03	0,12	5,01	4,60	7,90

 $\overline{1 \text{ Água, na relação } 1:2,5; 2 \text{ KCl } 1 \text{mol } \text{L}^{-1}; 3 \text{ Mehlich-1}; 4 \text{ Walkley} - \text{Black}; 5 \text{ MO} = \text{CO} \times 1,724}$ 

Para caracterização física, foram feitas a seguintes análises: composição granulométrica, densidade do solo e densidade das partículas. A composição granulométrica foi determinada utilizando dispersante hexametafosfato de sódio e argila dispersa em água, pelo método da pipeta. No caso da densidade do solo a análise foi feita pelo método do anel volumétrico. A densidade das partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, usando álcool como líquido penetrante, todos segundo a metodologia empregada pela EMBRAPA (1997). A curva característica de retenção de água foi determinada pelo método da placa e membrana de pressão (RICHARDS, 1949).

QUADRO 3 – Características físicas das amostras dos solos estudados.

Solos	Prof. (cm)	Frações Granulométricas (kg kg <sup>-1</sup> )					Umidade (kg kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )	
	-	$A.G^1$	$A.F^2$	$A.T^3$	Silte <sup>4</sup>	Argila <sup>5</sup>	0,03 Mpa <sup>6</sup>	1,5 Mpa <sup>6</sup>	Solo <sup>7</sup>	Partículas <sup>8</sup>	Total (%)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0-10	0,77	0,19	0,96	0,01	0,03	0,02	0,00	1,46	2,53	42,22
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10-40	0,73	0,24	0,97	0,01	0,03	0,01	0,00	1,57	2,50	39,51
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0-10	0,69	0,26	0,95	0,00	0,06	0,03	0,01	1,42	2,56	44,68
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10-40	0,56	0,36	0,92	0,02	0,06	0,03	0,01	1,50	2,60	42,28
Neossolo Flúvico (RV)	0-10	0,26	0,23	0,49	0,39	0,11	0,18	0,06	1,18	2,60	54,47
Neossolo Flúvico (RV)	10-40	0,08	0,15	0,23	0,64	0,12	0,22	0,03	1,20	2,56	53,11
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0-10	0,07	0,58	0,65	0,28	0,07	0,15	0,03	1,12	2,60	56,80
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10-40	0,06	0,81	0,87	0,10	0,04	0,06	0,01	1,26	2,60	51,55
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0-10	0,47	0,14	0,67	0,20	0,19	0,17	0,08	1,42	2,67	46,64
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10-40	0,40	0,14	0,54	0,22	0,24	0,19	0,10	1,37	2,70	49,41

<sup>1</sup> Areia Grossa, 2 Areia Fina, 3 Areia Total, 4 Silte, 5 Argila - Método da Pipeta; 6 - Método da Placa e Membrana de Pressão; 7 - Anel Volumétrico; 8 - Balão Volumétrico

#### 3.3 Montagem do experimento

Antes da implantação do experimento, quando necessário, as amostras foram submetidas à correção de acidez corrigindo-se seu pH, para uma faixa de 6,5 – 7,0 utilizando-se CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> na proporção de 4:1, seguindo-se o método de determinação da necessidade de calagem usada em Pernambuco (IPA, 1998). Posteriormente a adição do corretivo, as amostras foram incubadas por um período de 15 dias. Em seguida foi feita a aplicação do metal nas amostras de solo, deixando por 30 dias e mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Após esse período, retirou-se uma amostra para determinação de Cd e os solos foram acondicionados em vasos de plástico com capacidade de 3 dm³, plantando-se milho (*Zea mays*) como cultura indicadora. Com o objetivo de não deixar que as plântulas viessem a ter déficit hídrico, aplicou-se 50 ml de água destilada três vezes ao dia, durante o período do experimento, tomando-se cuidado para que não houvesse perda de nutrientes por lixiviação. Quinze dias após a germinação fez-se o desbaste deixando uma planta por vaso, onde foram feitas adubações com 400 mg de P, 210 mg de K, 180 mg de S e 160 mg de N para cada dm³ de solo (ALVAREZ, 1974).

#### 3.4 Determinação de cádmio nas amostras de solo

#### 3.4.1 Cádmio pseudo-total

Para a quantificação do teor pseudo-total de Cd, 0,5 g das amostras foram moídas em cadinhos e peneiradas em tamiz de 0,177 mm submetidas à digestão com ácido clorídrico (HCl) e nítrico (HNO<sub>3</sub>) na proporção 3:1 (Água Régia). As amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 10 mL da mistura de ácidos e levadas ao bloco digestor, aquecido a uma temperatura de 170°C, por 4 horas. Quando as amostras atingiram o ponto de digestão, apresentando coloração amarelo claro, foram retiradas e deixadas em repouso por alguns minutos até que esfriassem. Em seguida foram diluídas, completando-se o volume para 50 mL em balão volumétrico, obtendo-se, assim, os extratos de cada uma das amostras de solo. A determinação da concentração pseudo-total de Cd foi feita por espectrometria de absorção atômica.

#### 3.4.2 Cádmio disponível

Para a obtenção do teor disponível de Cd nos solos, utilizaram-se os seguintes extratores: Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA e CaCl<sub>2</sub>, cuja utilização será descrita a seguir; sendo que a determinação da concentração nos extratos foi realizada pela espectrofotometria de absorção atômica.

#### 3.4.2.1 Mehlich - 1

Esse extrator (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>) foi utilizado na relação solo: solução de 1:10, sendo 10 cm<sup>3</sup> de TFSA e 100 mL do extrator, com agitação por 5 minutos e filtragem imediata dos extratos (DE FILIPPO & RIBEIRO, 1997).

#### 3.4.2.2 Mehlich - 3

Preparou-se uma solução-estoque de (NH<sub>4</sub>F 3,75 M + EDTA 0,25 M), colocando-se 138,9 g de fluoreto de amônio (NH<sub>4</sub>F) em 600 mL de água destilada, num balão volumétrico de 1 L. Logo em seguida, misturou-se e foi adicionado 73,05 g de EDTA, completando-se o volume com água destilada. Para o preparo da solução colocou-se 1,0 L de água destilada em um balão volumétrico com capacidade de 2,0 L. Adicionou-se 50 g de nitrato de amônio, 20 mL da solução-estoque e logo após misturou-se. Foi acrescentado 28,57 mL de ácido acético glacial (CH<sub>3</sub>COOH) e 2,0 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Em seguida completou-se o volume com água destilada. O pH da solução foi corrigido para 2,5 ± 0,1. A solução (HOAc 0,2 mol L<sup>-1</sup>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0,25 mol L<sup>-1</sup>, NH<sub>4</sub>F 0,015 mol L<sup>-1</sup>, HNO<sub>3</sub> 0,013 mol L<sup>-1</sup> e EDTA 0,001 mol L<sup>-1</sup>) (MEHLICH, 1984) foi utilizada na relação solo : solução de 1 : 10, sendo 5,0 cm<sup>3</sup> de solo para 50 mL do extrator, agitando-se por 5 minutos, seguido de filtragem.

#### 3.4.2.3. DTPA-TEA

Usou-se na relação 1:2 de solo: solução, colocando-se 10 cm<sup>3</sup> de solo e 20 mL do extrator, sendo a solução extratora constituída de DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup>, TEA (trietanolamina)

0,1 mol L<sup>-1</sup> e CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, com pH ajustado para 7,3, com 2 horas de agitação e filtragem imediata para determinação da concentração do metal (LINDSAY & NORVELL, 1978).

#### 3.4.2.4 CaCl<sub>2</sub>

Utilizou-se a solução salina na concentração  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$ , com relação solo : solução de 1:10, sendo  $10 \text{ cm}^3$  de solo para 100 mL do extrator com agitação por 2 horas (MAIZ, 1997).

#### 3.5 Extração de cádmio nas plantas

Passados 30 dias após o desbaste, quando o milho atingiu cerca de 80 centímetros, fezse à coleta das plantas. Após a coleta, elas foram colocadas para secar em estufa a 65°C por 48 horas para determinação da massa seca. Depois foram, moídas e 0,5 g dessas amostras submetidas à digestão nítrico-perclórica na proporção de 3 : 1 (v/v), em bloco digestor, a uma temperatura de 180 °C, por um período de 4 horas. Quando as amostras atingiram o ponto de digestão, apresentando coloração amarelo claro, foram retiradas do bloco digestor e postas em repouso para esfriarem. Em seguida foram diluídas, completando-se o volume com água destilada em balão volumétrico de 50 mL, obtendo-se assim os extratos de planta. Para determinação do teor de Cd nos extratos de planta, utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica.

#### 3.6 Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

O ensaio foi montado em delineamento inteiramente casualizado com cinco solos, duas profundidades e duas doses de Cd (0 e 570 mg dm<sup>-3</sup>), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, análises de correlação e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se para estas análises níveis de significância 1% e 5% de probabilidade.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variabilidade nos teores naturais de Cd extraídos pelas soluções extratoras em todos os solos estudados (Quadro 4), sendo que os teores máximos e mínimos detectados por todos os extratores variaram tanto na camada mais superficial (0 - 10 cm), como na mais profunda (10 - 40 cm).

QUADRO 4 - Teores médios de cádmio extraídos dos solos em estado natural.

Solos	Profundidade (cm)	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl <sub>2</sub>	Água régia			
50103		Cd (mg dm <sup>-3</sup> )							
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0 – 10	0,07	0,10	nd	0,10	nd			
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10 - 40	0,07	0,10	nd	0,04	nd			
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0 - 10	0,07	0,10	nd	0,14	nd			
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10 - 40	0,07	0,10	nd	0,17	nd			
Neossolo Flúvico (RV)	0 - 10	0,10	0,10	0,02	0,03	nd			
Neossolo Flúvico (RV)	10 - 40	0,10	0,14	0,02	0,03	nd			
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0 - 10	0,10	0,17	0,02	0,07	nd			
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10 - 40	0,10	0,14	0,02	nd	nd			
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0 - 10	0,10	0,10	nd	0,04	nd			
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10 - 40	0,10	0,07	nd	0,04	nd			
				Cd (kg ha <sup>-1</sup>	)				
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0 - 10	0,07	0,10	nd	0,10	nd			
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10 - 40	0,21	0,30	nd	0,12	nd			
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0 - 10	0,07	0,10	nd	0,14	nd			
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10 - 40	0,21	0,30	nd	0,51	nd			
Neossolo Flúvico (RV)	0 - 10	0,10	0,10	0,02	0,03	nd			
Neossolo Flúvico (RV)	10 - 40	0,30	0,42	0,06	0,09	nd			
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0 - 10	0,10	0,17	0,02	0,07	nd			
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10 - 40	0,30	0,42	0,06	nd	nd			
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0 - 10	0,10	0,10	nd	0,04	nd			
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10 - 40	0,30	0,21	nd	0,12	nd			
CV (%)		25,94	30,86	30,56	53,15	41,54			

nd = não detectado

Os menores teores de Cd, para os solos naturais, ou seja, sem aplicação do Cd, foram extraídos pelo DTPA-TEA, quando comparados aos demais extratores testados, para o Neossolo Flúvico (RV) e o Cambissolo Háplico (CX). Nos solos, sob condição natural, a análise de correlação revelou altos e significativos coeficientes entre o teor de Cd extraído por DTPA-TEA, o pH (0,95\*), teor de Ca (0,86\*) e Mg (0,96\*), sendo estes

solos os que apresentam características que mais se assemelham ao ambiente para o qual esse extrator foi desenvolvido (LINDSAY & NORVELL, 1978). Nos demais solos, Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Neossolo Quartzarênico (RQ) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), não foi detectada presença de Cd em nenhuma das profundidades utilizandose esse extrator.

Os teores de Cd extraídos pelo Mehlich-1 foram iguais, tanto no Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) quanto no Neossolo Quartzarênico (RQ), 0,07 mg dm<sup>-3</sup>, para as duas profundidades (Quadro 4). Os demais solos como o Neossolo Flúvico (RV), Cambissolo Háplico (CX) e o Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), apresentaram teores iguais de 0,1 e 0,3 mg dm<sup>-3</sup>, também em ambas as profundidades.

O Mehlich-3 apresentou a maior capacidade de extração entre os extratores utilizados, recuperando maiores teores de cádmio, nos solos naturais, exceto na camada subsuperficial do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA). Para o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e o Neossolo Quartzarênico (RQ), observou-se teores iguais de 0,1 mg dm<sup>-3</sup> detectados nas camadas de 0 - 10 cm e 10 - 40 cm. As maiores concentrações foram observadas no Cambissolo Háplico (CX), 0,17 e 0,14 mg dm<sup>-3</sup>, para a profundidade de 0 - 10 e 10 - 40 cm, respectivamente, e na camada subsuperficial do Neossolo Flúvico (RV) (Quadro 4).

Os extratores ácidos, como o Mehlich-1 e o Mehlich-3, deslocam cátions adsorvidos, dissolvem carbonatos e hidróxidos não perfeitamente cristalizados e provocam dissolução parcial de minerais de argila silicatados (PICKERING, 1998), enquanto que os agentes quelantes atuam no deslocamento dos elementos dos sítios de troca mediante a formação de complexos solúveis que reduzem a atividade dos íons em solução, os quais são dessorvidos dos sítios de troca ou dissolvidos de fases sólidas para manter a atividade em solução (NORVELL, 1991), mantendo, ainda, o pH, durante a extração, mais próximo ao pH dos solos, evitando a solubilização de compostos não disponíveis.

Os teores extraídos pelo CaCl<sub>2</sub> variaram de 0,03 a 0,17 mg dm<sup>-3</sup>, sendo inferiores também aos teores extraídos por Mehlich-1 e Mehlich-3, exceto para o Neossolo Quartzarênico (RQ) em ambas as profundidades estudadas (Quadro 4). Atribuiu-se talvez, ao aumento da capacidade de troca catiônica dos solos estudados, diminuindo a disponibilidade do elemento, favorecendo a desvantagem de extrair metais em uma concentração baixa, dificultando a determinação analítica. O Neossolo Flúvico (RV), apresentou os menores teores do elemento, 0,03 mg dm<sup>-3</sup>, nas duas profundidades e o Neossolo Quartzarênico os maiores, 0,14 e 0,17 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Vale ressaltar que esse extrator não

apresentou correlação com nenhum dos outros extratores ou qualquer das características químicas ou físicas dos solos, quando não se aplica o metal (Quadro 4).

Quanto a fração pseudo-total de Cd, observou-se claramente que não foi detectada a presença do metal, para ambas as profundidades do solo natural, apesar dos extratores para formas disponíveis terem conseguido extrair pequenas quantidades desse elemento (Quadro 4). Isso se deveu, provavelmente, a relação solo : extrator utilizado, 0,5 g : 50 mL que diluiu excessivamente sua concentração no extrato, deixando-a abaixo do limite de detecção do aparelho.

Quanto aos teores de Cd, em kg ha<sup>-1</sup>, também foram detectados valores variados nos solos. O solo em que o extrator detectou maior teor de Cd foi o Neossolo Quartzarênico (RQ), obtendo 0,51 kg ha<sup>-1</sup> na profundidade de 10 - 40 cm, enquanto que, os menores teores foram detectados no Neossolo Flúvico (RV) e no Argissolo Vermelho Amarelo sendo 0,03 e 0,04 kg ha<sup>-1</sup>, na camada superficial de (0 - 10 cm). Observou-se ainda, para esse extrator teores não detectados no Cambissolo Háplico (CX) na camada subsuperficial. As maiores concentrações, em kg ha<sup>-1</sup> foram detectadas no Cambissolo Háplico (CX) e no Neossolo Flúvico, sendo de 0,42 kg ha<sup>-1</sup>, ocorrendo nas camadas subsuperficiais (10 - 40 cm), enquanto que, os menores teores foram detectados no Neossolo Flúvico (RV), no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) no Neossolo Quartzarênico (RQ) e no Argissolo Vermelho Amarelo, sendo 0,1 kg ha<sup>-1</sup>, nas camadas superficiais (0 - 10 cm).

Os teores extraídos pelas soluções usadas no presente trabalho estão dentro do intervalo proposto por Kabata-Pendias & Pendias (2001) e Alloway (1990) que relatam uma concentração média de Cd variando de 0,06 – 1,10 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que na maior parte dos solos, o seu teor é inferior a 1 mg kg<sup>-1</sup>. Assim, pode-se afirmar a partir dos teores naturais de Cd encontrados nos solos desta pesquisa, que os mesmos não apresentam indícios de contaminação por esse metal.

Os teores médios de Cd extraídos das amostras que receberam o elemento para os diferentes extratores testados podem ser observados no Quadro 5. Em geral, os maiores teores disponíveis de Cd foram recuperados pelo uso do extrator Mehlich-1. O maior teor foi detectado na camada superficial (0 - 10 cm ) do Neossolo Quartzarênico (RQ), que foi de 239 mg dm<sup>-3</sup>, enquanto que o menor teor, 108,3 mg dm<sup>-3</sup>, foi observado no Neossolo Flúvico (RV), na camada subsuperficial. Como já foi explicado anteriormente, os extratores ácidos são muito agressivos, dissolvendo formas do metal que não estão disponíveis as plantas.

QUADRO 5 - Teores médios de cádmio extraídos dos solos após aplicação de 570 mg dm<sup>-3</sup>.

Solos	Profundidades	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl <sub>2</sub>	Água régia	
	(cm)		Cd (mg dm <sup>-3</sup> )				
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0 - 10	151,00	141,70	110,00	83,00	250,00	
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10 - 40	168,70	150,70	136,00	72,00	325,00	
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0 - 10	239,00	192,70	192,30	84,00	466,70	
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10 - 40	151,50	115,70	114,30	81,00	166,70	
Neossolo Flúvico (RV)	0 - 10	198,00	181,00	162,30	27,30	233,40	
Neossolo Flúvico (RV)	10 - 40	108,30	96,50	81,50	35,70	216,70	
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0 - 10	192,00	164,70	145,00	5,70	200,00	
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10 - 40	167,50	153,70	124,70	6,70	216,70	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0 - 10	199,30	185,00	222,00	111,30	450,00	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10 – 40	210,00	170,30	166,00	117,00	283,40	
				Cd ( kg ha <sup>-1</sup> )			
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	0 – 10	151,00	141,70	110,00	83,00	365,00	
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	10 - 40	506,10	452,00	408,00	216,00	1530,75	
Neossolo Quartzarênico (RQ)	0 - 10	239,00	192,70	192,30	84,00	662,71	
Neossolo Quartzarênico (RQ)	10 - 40	454,50	347,10	342,90	243,00	750,15	
Neossolo Flúvico (RV)	0 - 10	198,00	181,00	162,30	27,30	275,41	
Neossolo Flúvico (RV)	10 - 40	224,90	289,50	244,50	107,10	780,12	
Cambissolo Háplico Típico (CX)	0 - 10	192,00	164,70	145,00	5,70	224,00	
Cambissolo Háplico Típico (CX)	10 - 40	502,50	461,10	374,10	20,10	819,12	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	0 - 10	199,30	185,00	222,00	111,30	639,00	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	10 - 40	630,00	510,90	498,00	351,00	1164,77	
CV (%)		25,94	30,86	30,56	53,15	41,56	

Para a solução Mehlich-3, observou-se o maior e menor teor de cádmio, 192,7 e 96,5 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente, nos mesmos solos e nas mesmas profundidades encontrados para o extrator Mehlich-1 (Quadro 5).

Com relação ao DTPA-TEA o maior teor do metal foi detectado no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), encontrando um teor de 222 mg dm<sup>-3</sup>, na profundidade superficial desse solo (0 - 10 cm), enquanto que o menor teor, 81,5 mg dm<sup>-3</sup>, foi detectado no Neossolo Flúvico (RV), na camada mais superficial (0 – 10 cm).

Quando se utilizou CaCl<sub>2</sub> observou-se os menores teores extraídos em relação as outras soluções extratoras, variando de 117 mg dm<sup>-3</sup> na camada subsuperficial (10 - 40 cm) do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), a 5,7 mg dm<sup>-3</sup> na camada superficial (0 - 10 cm) do Cambissolo Háplico (CX). Isso provavelmente ocorreu, devido à concentração dessa solução não ter sido suficiente para extrair o Cd dos solos (BORGES, 2002), ou pelo fato desses solos

não terem absorvido uma quantidade maior do elemento, dificultando a extração, já que o CaCl<sub>2</sub> leva desvantagem na extração de metais em concentrações baixas (HOODA, 1997).

Os teores pseudo-totais, extraídos com Água Régia, apresentaram-se variados sendo que o maior e o menor teor de Cd detectado foram observados no Neossolo Quartzarênico (RQ), sendo de 466,7 mg dm<sup>-3</sup> e 166,7 mg dm<sup>-3</sup> para as camadas superficial e subsuperficial respectivamente.

Em geral, houve uma tendência dos maiores teores serem encontrados na camada superficial para todos os extratores utilizados (Quadro 5). Esse comportamento deve-se, provavelmente, ao ataque desses extratores à fração ligada a matéria orgânica do solo, como pode ser observado pelos coeficientes de correlação encontrados entre o teor extraído pelo Mehlich-1 (0,44\*), Mehlich-3 (0,47\*), DTPA-TEA (0,53\*) e Água Régia (0,40\*).

Para os teores calculados, em kg ha<sup>-1</sup>, também constatou-se variabilidade dos teores detectados pelos extratores analisados (Quadro 5). O extrator Mehlich-1 retirou teores variados, sendo o maior observado na camada inferior (10 - 40 cm) do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), que foi de 630 kg ha<sup>-1</sup>, e o menor teor foi verificado na camada superficial (0 - 10 cm) do Latossolo Vermelho Amarelo, obtendo 151 kg ha<sup>-1</sup> de Cd.

Com relação à solução Mehlich-3, o maior teor foi extraído da camada subsuperficial (10 - 40 cm) do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), apresentando 510,9 kg ha<sup>-1</sup> do elemento, enquanto que o menor teor detectado foi de 141,7 kg ha<sup>-1</sup>, no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), na profundidade de (0 - 10 cm).

O DTPA-TEA, extraiu maior teor de Cd na amostra do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), sendo 498 kg ha<sup>-1</sup> na camada subsuperficial desse solo (10 - 40 cm) e o menor teor foi detectado no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), 110 kg ha<sup>-1</sup>, na profundidade de 0 - 10 cm. Quanto ao CaCl<sub>2</sub> pôde-se verificar a menor extração dentre os extratores, detectando apenas 5,7 kg ha<sup>-1</sup> na parte mais superficial (0 - 10 cm) da amostra de Cambissolo Háplico (CX), enquanto que o maior teor que foi de 351 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na camada mais profunda (10 - 40 cm) do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), podendo-se constatar que para essa solução, o teor extraído ocorreu no mesmo solo e na mesma profundidade das extrações feitas pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA-TEA. No caso do teor pseudo-total, retirado com água régia, os valores foram diferenciados, sendo o maior detectado no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) a uma profundidade de (10 - 40 cm) e o menor constatado no Cambissolo Háplico (CX), na camada mais superficial desse solo, observando-se que esse menor teor se deu no mesmo solo e na mesma profundidade da menor extração feita pelo CaCl<sub>2</sub>.

Contrariamente aos resultados da presente pesquisa, Anjos & Mattiazzo (2001) constataram que os extratores DTPA-TEA e o Mehlich-3 não foram eficientes para prever a disponibilidade de Cd em solos. Além disso, pesquisa realizada por Monterroso (1999) observou melhores resultados na extração de Cd usando solução Mehlich-3 em comparação com o DTPA-TEA, porque a acidez do reagente Mehlich-3 foi responsável por um alto poder de extração em particular para amostras alcalinas. Extrações com Mehlich-3 podem ter preferência em análises de rotina em laboratórios, devido o seu período de agitação ser bem menor em comparação ao tempo dos outros extratores (XIU et al.,1991). No entanto King & Hajjar (1990) descordam desta pesquisa, onde relatam que os melhores resultados encontrados na extração desse metal pesado ocorreram com o uso DTPA-TEA como solução extratora em comparação com o Mehlich-3, avaliando-se o efeito residual do lodo de esgoto sobre a concentração de metais pesados em plantas de amendoim e tabaco com uso de um Podzólico de textura média. A análise de correlação (Quadro 6), permitiu verificar que os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA e CaCl<sub>2</sub> se correlacionaram positivamente, entre si ao nível de 5% de probabilidade, sendo as maiores correlações observadas entre os extratores Mehlich-3 com o DTPA-TEA (0,98\*) e o Mehlich-1 (0,97\*), significando que os teores extraídos, mostraram-se aproximados, tornando-se mais eficientes em detectar o elemento nos solos estudados. As menores correlações foram observadas entre os extratores CaCl<sub>2</sub> com o Mehlich-1 (0,75\*) e o Mehlich-3 (0,73\*). Com relação aos teores pseudo-totais, observou-se também a presença de correlação com os extratores, para disponibilidade, apresentando valores bastante semelhantes, porém, o Mehlich-1 (0,91\*), Mehlich-3 (0,91\*) e o DTPA-TEA (0,93\*), apresentaram correlações um pouco maiores do que o CaCl<sub>2</sub> (0,77\*). Para os solos que receberam Cd, observou-se correlações significativas e positivas entre a matéria orgânica e os extratores de maior destaque. Para as amostras de solo que não receberam Cd, o pH pode ter influenciado na maior capacidade de extração do Mehlich-3 e do DTPA-TEA, embora o DTPA-TEA não tenha tido melhor desempenho na extração do elemento comparado ao Mehlich-1, que não apresentou correlação com o pH nesses solos sem Cd. O Mehlich-3 correlacionou com o pH, mostrando uma correlação (r = 0.58\*) e o DTPA-TEA (r = 0,95\*). Não houve correlação com a matéria orgânica para nenhum dos extratores nessas amostras que não se adicionou o metal.

A melhor correlação entre o teor de Cd na matéria seca das plantas de milho e o extraído pelas soluções extratoras testadas foi observada para o CaCl<sub>2</sub> indicando ser esse o melhor extrator para disponibilidade (Quadro 6). Apesar da fração total, ou pseudo-total, comumente, não ser utilizada para predizer a disponibilidade de metais, neste estudo, a água

régia se mostrou um bom extrator para fitodisponibilidade, apresentando o segundo maior coeficiente de correlação, tendo para os demais extratores a seguinte seqüência: Mehlich-1 > Mehlich-3 = DTPA-TEA (Quadro 6). Conforme Mulchi et al. (1991) estudando correlações entre teores de Cd absorvidos por plantas de tabaco, extraídos com Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA-TEA pH 7,3 em solo adubado com lodo de esgoto, constataram as melhores correlações para esse metal com DTPA-TEA pH 7,3, o que no presente trabalho não ocorreu, discordando dos resultados dos pesquisadores citados.

Em média, o Neossolo Quartzarenico (RQ) além de permitir as maiores extrações de Cd, favoreceu a maior absorção desse elemento pelas plantas de milho e o Neossolo Flúvico e o Cambissolo Háplico, as menores (Quadro 7).

**OUADRO 6** - Correlação simples entre os extratores estudados

•		, ,			
Variáveis	M-1	M-3	DTPA-TEA	CaCl <sub>2</sub>	Pseudo-Total
M-3	0,97*				_
DTPA-TEA	$0,97^{*}$	$0,98^{*}$			
CaCl <sub>2</sub>	$0,75^{*}$	$0,73^{*}$	$0.78^{*}$		
Água régia	0,91*	$0,91^{*}$	$0.93^{*}$	$0,77^{*}$	
Planta	$0,68^{*}$	$0,64^{*}$	$0,64^{*}$	$0,79^{*}$	$0{,}70^*$

<sup>\*</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo do fator solo para os extratores Mehlich-1 e Água Régia (P<0,05) e DTPA-TEA e CaCl<sub>2</sub> (P<0,01), indicando que esses extratores apresentaram sensibilidade as diferentes características dos solos estudados. Quando comparou-se as médias dos teores de Cd extraídos (Quadro 7), para os diferentes solos estudados, observou-se que os extratores DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub> e Água Régia mostraram diferença significativa. No DTPA-TEA o maior teor ocorreu no Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e o menor no Neossolo Flúvico (RV). O CaCl<sub>2</sub> apresentou maior teor no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) e menor no Cambissolo Háplico (CX). Para a água régia o maior teor foi detectado no Argissolo Vermelho- Amarelo (PVA) e o menor no Cambissolo Háplico (CX), não tendo os demais extratores diferido entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao fator dose, observou-se significância (P<0,01) para todos os extratores, indicando que os teores extraídos foram influenciados pela dose aplicada (Quadro 7), onde as maiores médias foram encontradas nas amostras onde se aplicou o metal.

Quanto ao fator profundidade, ocorreu efeito significativo (P<0,05) para todos os extratores utilizados, todavia, o teste de Tukey (Quadro 7), não detectou diferença significativa para a solução extratora CaCl<sub>2</sub> que removeu a mesma quantidade de Cd nas duas

profundidades estudadas. A absorção pela planta também não foi influenciada pela profundidade do solo (Quadro 7), o que explica a maior correlação encontrada entre essas duas variáveis. Observando-se as médias dos teores de Cd extraídos (Quadro 7), para as duas profundidades, observa-se que para os demais extratores recuperaram teores mais elevados na camada superficial do solo. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao teor de matéria orgânica ser maior nas camadas mais superficiais em relação as subsuperficiais.

**QUADRO 7** - Resumo das médias dos teores de cádmio obtidas pela análise de variância para os extratores e teores totais extraídos com Água Régia

Solos	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl <sub>2</sub>	Ágra régia	Planta
			Cd (mg dm <sup>-3</sup> )			
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	79.9 a	73,1 a	61.5 b	38,7 a	143.7 ab	36,0 ab
Nessolo Quartzarênico (RQ)	97,6 a	77,1 a	76,6 ab	41,3 a	158,3 ab	48,1 a
Neossolo Flúvico (RV)	76,6 a	69,4 a	60,9 b	15,7 b	112,5 ab	9,4 c
Cambissolo Hápico Típico (CX)	89,9 a	79,6 a	67,4 b	3,1 b	104,2 b	10,3 c
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	102,3 a	88,8 a	98,0 a	57,1 a	183,3 a	27,1 bc
Dose (mg dm <sup>-3</sup> )						
0	0,087 b	0,110 b	0,008 b	0,063 b	0,00 b	0,00 b
570	178,5 a	155,1 a	145,8 a	62,3 a	280,8 a	52,4 a
Profundidades (cm)						
0-10	97,9 a	86,5 a	83,5 a	31,1 a	160,0 a	23,6 a
10-40	80,6 b	68,7 b	62,2 b	31,2 a	120,8 b	28,7 a
CV (%)	25,94	30,86	30,56	53,15	41,54	65,63

<sup>\*</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas amostras superficiais (0 - 10 cm) do Neossolo Quartzarênico (RQ) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) encontraram-se maiores teores de Cd recuperados pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA-TEA, podendo essa maior extração ter sido influenciada pelo teor de matéria orgânica, visto que nas características desses solos, pôde-se verificar maiores teores (24,1 g kg<sup>-1</sup>), que talvez tenha baixado a CTC, aumentando a disponibilidade do metal, em relação aos teores detectados na outra profundidade (0 – 10 cm) das amostras estudadas. Vários estudos têm mostrado que o pH (SAUVÉ, 2000) e a matéria orgânica (KRISHNAMURTI & NAIDU, 2003) exercem grande influência na retenção de Cd pelos solos. No entanto, na presente pesquisa, provavelmente o teor de matéria orgânica, tenha exercido maior influência na extração do metal em relação ao pH nestas amostras de solo que se destacaram, devido ter promovido a diminuição da CTC, aumentando a disponibilidade do elemento.

Com relação às interações das médias dos fatores analisados (Quadro 8), verificou-se efeito significativo (P<0,05) para o extrator Mehlich-1 nas interações solo x dose e solo x profundidade e para dose x profundidade (P<0,01). Todavia, as médias dos teores de Cd retirados, não diferiram estatisticamente entre si, antes da adição do elemento para os solos analisados na interação solo x dose.

QUADRO 8 – Médias dos teores de cádmio extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub>, Água régia e absorvidos pelas plantas de milho em função dos fetores actualedes

plantas de milho em função dos fatores estudados. Mehlich-1 Mehlich-3 DTPA-TEA CaCl<sub>2</sub> Agua régia Planta Dose (mg dm<sup>3</sup>) 0 570 0 0 Solo 570 0 570 570 0 570 0 570 LVA 0,066 aB 159,8 bcA  $0,100^{ns}$ 146,1<sup>ns</sup> 0,000 aB 123,0 bA 0,066 aB 77,5 bA 0,000 aB 287,5 abcA 0,000 aB 72,0 abA 0,066 aB 195,2 abA  $0,100^{ns}$ 154,1<sup>ns</sup> 0,000 aB 153,3 bA 0,150 aB 0,000 aB 316,6 abA 0,000 aB 96,2 aA RQ 82,5 bA RV 0,100 aB 153,1 cA  $0,116^{ns}$ 138,7<sup>ns</sup> 0,020 aB 121,9 bA 0,033 aB 0,000 aB 225,0 bcA 31,5 cA 0,000 aA 18,8 cA 208,3 cA CX 0,100 aB 179,7 abcA  $0.150^{ns}$ 159.1<sup>ns</sup> 0,020 aB 134,8 bA 0,033 aA 6,1 cA 0,000 aB 0,000 aB 20,6 cA PVA 0,100 aB 204,6 aA  $0.083^{ns}$  $177.6^{\text{ns}}$ 0,000 aB 196,0 aA 0,033 aB 114,1 aA 0,000 aB 366,6 aA 0,000 aB 54,3 bA Profundidade (cm) -Solo 0-10 10-40 0 - 1010-40 0 - 1010-40 0-10 10-40 0 - 1010-40 0-10 10-40 LVA 75,5 bA 84,3 abA 70,8<sup>ns</sup> 75,3<sup>ns</sup> 55,0 cA 68,0 abA 41,5<sup>ns</sup> 36,0<sup>ns</sup> 125,0 bA 162,5 aA 38,6<sup>ns</sup> 33,3<sup>ns</sup> 119,5 aA 96,3<sup>ns</sup> 57,8<sup>ns</sup>  $42,0^{ns}$ 40,5<sup>ns</sup> 233,3 aA 83,3 aB  $40,0^{ns}$ 56,2<sup>ns</sup> RQ 75,7 abA 96,1 abA 57,1 abB 90,5<sup>ns</sup> 8,8<sup>ns</sup> RV 48,3<sup>ns</sup> 40,7 bB 13,6<sup>ns</sup> 17,8<sup>ns</sup> 10,0<sup>ns</sup> 99,0 abA 54,2 bB 81,1 abcA 116,6 bA 108,3 aA 82,4<sup>ns</sup> 2,8<sup>ns</sup> 3,3<sup>ns</sup> 4.6<sup>ns</sup> 76.9<sup>ns</sup> 16.0<sup>ns</sup> CX 96,0 abA 83,8 abA 72,5 bcA 62,3 abA 100,0 bA 108,3 aA 83,0 aB PVA 99,7 abA 105,0 aA  $92,5^{ns}$  $85,2^{ns}$ 103,0 aA  $55,6^{ns}$ 58,5<sup>ns</sup> 225,0 aA 141,6 aB  $26,1^{ns}$  $28,1^{ns}$ Profundidade (cm) 0-10 10-40 0-10 10-40 0-10 10-40 0-10 10-40 0-10 10-40 0-10 10-40 Dose 0 0,086 bA 0,086 bA 0,113 bA 0,106 bA 0,008 bA 0,008 bA 0,073 bA 0,053 bA 0,000 bA 0,000 bA 0,000<sup>ns</sup>  $0.000^{ns}$ 570 137,0 aA 124,5 aB 62,2 aA 47,3<sup>ns</sup> 57,5<sup>ns</sup> 195,8 aA 161,2 aB 137,3 aB 167,1 aA 62,4 aA 320,0 aA 241,6 aB CV% 25,94 30,86 30,56 53,15 41,56 65,63

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns – F da interação não significativo.

Após a adição do metal, observou-se que o maior teor foi removido no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), ocorrendo diferença dos teores extraídos nos demais solos. Na interação solo x profundidade, constatou-se que não houve diferença estatística entre as médias dos teores retirados nas duas profundidades dos solos estudados. No tocante a interação dose x profundidade, não houve diferença entre as médias, em relação a dose, mas, entre as profundidades observou-se diferença entre as médias na profundidade mais subsuperficial (10-40 cm).

No caso do Mehlich-3, apenas a interação dose x profundidade foi significativa (P<0,01). Todavia, as médias não diferiram entre si na mesma dose entre as profundidades (Quadro 8), diferindo apenas para a mesma profundidade.

O DTPA-TEA apresentou efeito significativo para todas as interações (Tabela 1). No entanto, não houve diferença estatística entre as médias dos teores de Cd extraídos para os diferentes solos estudados, antes da adição desse metal (Quadro 8). Após a adição de Cd, o maior teor foi extraído no Argissolo Vermelho- Amarelo (PVA), não tendo os demais solos diferido entre si (Quadro 8).

A solução extratora CaCl<sub>2</sub> só apresentou efeito significativo para a interação dose x profundidade (P<0,05) e para solo x dose (P<0,01), no entanto, apenas após a adição de Cd houve diferença significativa entre as médias dos teores do elemento extraídos dos diferentes solos, tendo o maior teor sido observado no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) e os menores no Neossolo Flúvico (RV) e Cambissolo Háplico Típico (CX), que não diferem entre si (Quadro 8). Para a Água régia ocorreram efeitos significativos nas interações solo x dose e dose x profundidade (P<0,05) e em solo x profundidade (P<0,01). O maior teor de Cd observado, após a adição desse metal, foi no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) e o menor no Cambissolo Háplico Típico (CX) (Quadro 8). Na profundidade de 0 – 10 cm, os maiores teores foram encontrados no Neossolo Quartzarênico (RQ) e no Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), não tendo os demais solos diferindo entre si. Vale ressaltar que apenas esses solos apresentaram diferença entre si quanto a profundidade (Quadro 8), sendo os teores extraídos na camada superficial mais elevados que na subsuperficial.

Para os teores no tecido foliar do milho houve efeito significativo apenas na interação solo x dose (P<0,01). O maior teor de Cd na matéria seca das plantas foi observado no Neossolo Quartzarênico (RQ) e os menores no Neossolo Flúvico (RV) e Cambissolo Háplico (CX) (Quadro 8).

#### 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

Os teores de Cd nos solos em condições naturais são baixos e não apresentam riscos de contaminação.

A capacidade de recuperação de Cd pelos extratores utilizados seguiu a seguinte ordem: Água régia > Mehlich-1 > Mehlich-3 > DTPA-TEA > CaCl<sub>2</sub>.

O CaCl<sub>2</sub> foi indicado o melhor extrator para disponibilidade de Cd nos solos, devido ter apresentado maior correlação entre o teor de Cd na matéria seca das plantas de milho e o extraído do solo.

O Neossolo Quartzarênico (RQ), manteve maior disponibilidade de Cd, favorecendo a maior absorção pelas plantas de milho, tendo, ao contrário, o Neossolo Flúvico (RV) e o Cambissolo Háplico (CX), permitido as menores acumulações.

Houve correlações significativas e positivas entre todos os extratores analisados na pesquisa. A matéria orgânica correlacionou-se com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA-TEA, influenciando para a maior extração de Cd pelos extratores, em comparação com o CaCl<sub>2</sub> e a Água régia.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A. de; ABREU, M.F. de; RAIJ, B. Van.; SANTOS, W.R. Comparação de métodos de análises para avaliar a disponibilidade de metais pesados em solos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.19 p.463-468, 1995.

ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; ANDRADE, D.C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando solução de DTPA em pH 7,3. In: RAIS, B. Van: ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001; p.240 – 250.

ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; BERTON, R.S. Análise química de solo para metais pesados. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.2, 2002.

AGBENIN, J.O. The distribution and dynamics of chromium and nickel in cultivated and uncultivated semi-arid soils from Nigeria. **The science of the total environment**, v.300, p.189-199, 2002.

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY **Toxicological profile for cadmium.** Atlanta: ATSDR, 1997. 347p.

ALLOWAY, B.J. The origins of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J. Haevy metals in soils. New York: Johnn Wiley, 1990. p.29 – 39.

ALVAREZ, V., V.H. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1974. 125 p. (Tese Mestrado).

ALVES, W.L.; MELO, W.J.; FERREIRA, M.E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.23, p.729 – 736, 1999.

ALVES, R.N. Avaliação de um fosfato natural e termofosfatos quanto aos teores totais de metais pesados e à disponibilidade de micronutrientes. 2003. 35p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 345–353, 1998.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A.C. X.; COSTA, L.M. Lixiviação de Pb, Zn, Cd e Ni em solo Podzólico Vermelho Amarelo Tratado com Resíduos Siderúrgicos. **Revista Floresta e Ambiente**, v.3, p.65–75, 1999.

ANJOS, A.R.M. Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólidos e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho. Piracicaba, Escola Suoerior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, 1999. 19p. (Tese Doutorado).

ANJOS, A.R.M.; MATTIAZZO, M.E. Extratores para Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em Latossolos tratados com biossólidos e cultivados com milho. **Science Agrícola**, v. 58, p.337–344, 2001.

BATAGLIA, O.B.; RAIJ, B. Van. Eficiência de extratores de mocronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.205 – 212, 1989.

BERTONCINI, E.I. **Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP, 1997. 90 p. (Dissertação de Mestrado).

BORGES, M. Extrabilidade do cádmio: Influência de atributos de solos muito intemperizados em extratores convencionais e potencialidade de ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP, 2002. 76 p. (Dissertação de Mestrado).

CAMARGO, M.S.; ANJOS, A.R.M. dos; ROSSI, C.; MALAVOLTA, E. Adubação fosfatada e metais pesados em Latossolo Cultivado com arroz. **Scientia agricola**, v.57, p.513-518, 2000.

CARDOSO, L.M.N.; CHASIN, A.A.M. **Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos.** Salvador: Centro de Recursos ambientais, 2001. v.6, 121p. (Cadernos de Referencial Ambiental).

CASTRO NETO, P.P. Controle de resíduos industriais no Estado de São Paulo. **Limpeza Pública**, São Paulo, v.24, p.3 – 11, 1985.

CHANG, A.C.; WARNEKE, J.E.; PAGE, A.L.; LUND, L.J. accumulation of heavy metal in sewage sludge – treated soils. **Journal Environmental Quality**, v.13 p. 87–91, 1984.

CHANG, A.C.; HYUN, H.; PAGE, A.L. cadmium uptakes for swiss chard growm on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb. **Journal Environmental Quality**, v.26 p. 11–19, 1997.

DANG, Y.P.; CHHABRA, R.; VERMA, K.S. Effect of Cd, Ni, Pb and Zn on growth and chemical composition of onion and fenugreek. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.717 – 735, 1990.

DE FILIPPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise Química do Solo** (metodologia – 2ª edição). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997. 26p.

DIAS, N.M.P.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C.; CAMARGO, A.O. Adsorção de cádmio em dois Latossolos Ácricos e um Nitossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 297-304, 2001.

EGREJA FILHO, F.B. **Avaliação da Ocorrência e distribuição Química de meyais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano.** 1993. 176p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FERGUNSON, J.E. The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects. s.l., Pergamon Press. 1990. 614p.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C.P. Seleção de extratores químicos para avaliação da disponibilidade de zinco em solos do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.293 – 304, 1992.

GABE, U.; RODELLA, A. Trace elements in Brazilian agricultural limestones and mineral fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.30, p.605-620, 1999.

GIUSQUIANI, P.L.; PAGLIAI, M.; GIGLIOTTI, G.; BUSINELLI, D.; BENETTI, A. Urban waste compost: effects on plysical, chenical and biochenical soil properties. **Journal Environmental Quality**, v.24, p.175 – 182, 1995.

GREENWOOD, N.N.; EARNSHAW, A. Chemistry of the elements. Leeds: University of Leeds. Department of Inorgânic and Structural Chemistry, 1989. 1542 p.

HOODA, P.S. Plant availability of heavy metals in soils previously amended with heavy applications of sewage sludge. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.73, p.446 – 454, 1997.

ILO - INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. Encyclopaedia of occupational health and safety, Geneva, 1998. CD-ROM.

IPA – EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2ª aproximação). 2ª ed. Ver. Recife: IPA, 1998. 198p.

KABATA – PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

KIEKENS, L.; COTTENIE, A. Principles of investigation on the mobility and plant uptane of heavy metals In: LESCHBER, R.; DAVIES, R.D.; L'HERMITÉ, P. Chemical methods for assessing bioavailability metals in sludge and soils. London: Elsevier, 1985. p.32 – 41.

KING, L.D.; HAJJAR, L.M. The residual effect of sewage sludge on heavy metal content of tabaco and planut, **Journal of Environmental Quality**, v.19, p.738 – 748, 1990.

KORCAK, R.F.; FANNING, D.S. Extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc by double acid versus DTPA and plant content at excessive soil levels. **Journal Environmental Quality**, v.7, p.506–512, 1978.

KRISHNAMURTI, G.S.R.; SMITH, L.M.; NAIDU, R. Method for assessing plant-available cadmium in soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.38, p.823 – 836, 2000.

KRISHNAMURTI, G.S.R.; NAIDU, R. Solid-solution equilibria of cadmium in soils. **Geoderma**, v.113, n. 17-30, Apr. 2003.

LANGENBACH, T.; SERPA, M. Teor de cádmio nos fertilizantes fosfatados brasileiros. **Revista brasileira de ciencia do solo**, Campinas, v.9, n.2, p.179-181, 1985.

LI, Y.M.; CHANEY, R.L.; SCHNEITER, A.A. Effect of soil chloride level on cadmium concentraction in sunflower kernels. **Plant & Soil**, v.167, p. 275 – 280, 1994.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society American Journal**, v.42, p.421–428, 1978.

LOGAN, T.J.; CHANEY, R.L. Metals. In. WORKSHOP ON UTILIZATION OF MUNICIPAL WASTEWATER AND SLUDGE ON LAND, riverside, 1983. Proceeding. Riverside, University of California, 1983. p.235 – 326.

MAIZ, I.; ESNAQLA, M.V.; MILLAN, E. Evoluation of heavy metal availability in contamined soils by a short sequential extraction procedure. **Science of Total Environment**, v.206, p.107 – 115, 1997.

MANTOVANI, J.R. Reflexos ambientais de uso agrícola de vermicomposto de lixo urbano. Disponibilidade de cádmio, níquel e chumbo para alface em função de doses e calagem. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias de Veterinária / UNESPE, 1999. 73p. (Dissertação de Mestrado).

MATTIAZZO – PREZOTTO, M.E. Comportamento de Cu, Cd, Cr, Ni e Zn adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1994. 197p. (Tese Livre- Docência).

MAZUR, N. **Níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduo sólidos urbanos.** Viçosa, Universidade federal de Viçosa, 1997. 129p. (Tese de Doutorado).

McBRIDE, M.D. **Environmental chemistri of soils.** New York: Oxford University, 1994. 406 p.

McBRIDE, M.B.; SPIERS, G. Trace element content of selected fertilizers and dairy manures as determined by ICP-MS. **Communications soil science and plant analisys**, v.32, p.139-156, 2001.

McLAUGHLIN, M.J.; SINGH, B.R. Cadmium in soil and plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 1999. 364p.

MEDITEXT - MEDIAL MANAGEMENT. Cadmium. In: TOMES, C.P.S.T.M. SYSTEM. **Toxicology, occupation medicine and environmental series.** Englewood: Micromedex, 2000. CD – ROM.

MEHLICH, A. Mehlich – 3 soil test extractant: a modification of Mehlich – 2 extractant. **Communications Soil Science Plant Analisys**, v.15, p.1409 – 1416, 1984.

MONTERROSO, C.; ALVAREZ, E.; MARCOS, M.L.F. Evoluation of mehlich – 3 reagent as multielment extractant in mine soils. **Land Degradation Development,** v. 10, p.35 – 47, 1999.

MORTVEDT, J.J. Cadmium levels in soils and plants from some long term soil fertility experiments in the United States of America. **Journal of Environmental Quality**, v.16, p.137-142, 1987.

MULCHI, C.L.; ADAMU, C.A.; BELL, P.F.; CHANEY, R.L. Residual heavy metal concentrations in sludge- amended coastal plain soils – I. Comparison of extractants. **Communications Soil Science Plant Analisys**, v.22, p.919 – 941, 1991.

NASCIMENTO, C.W.A. do. Dessorção extração e fracionamento de Zinco, cobre e manganês em solos. Tese – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001 58p.

NASCIMENTO, C.W.A. do; BARROS, O.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, p. 337-392, 2004.

NORVELL, W.A. Reactions of metal chelates in soils and nutrient solutions. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M. & WELCH, R.M., (Eds.) **Micronutrients in agriculture**, Madson: SSSA, 1991. p. 187 – 228.

NUNEZ, J.E.V.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; PALMIERI, F.; MESQUITA, A.A Consequências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23 p. 981-989, 1999.

OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A.; CAMBRAIA, J.; ALVAREZ V.A.; Absorption, acumulation and distribution of cadmium by two soybeans CVS. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal,** Viçosa, v.6, p. 91 – 95, 1994.

OLIVEIRA, F.C. Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1995. 90 p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de açúcar. **Science Agrícola**, v.58 p.581 – 593, 2001.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ABREU JÚNIOR, C.H. Fitodisponibilidade e teores de metais pesados em um latossolo Amarelo distrófico e em plantas de cana-de açúcar adubadas com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.737 – 746, 2002.

PETRUZELLI, Recycling wastes in agriculture: heavy metal bioavailability. **Agriculture, Ecosystems and Environmental,** v.27, p. 493-503, 1989.

PICKERING, W.F. Selective chemical extraction of soil components and bound metal species. **Crit. Rev. Anal. Chem.**, v.12, p. 233-266, 1998

PRASAD, M.N.V. Inhibition of maize leaf chlorophylls, carotenoids and gas exchange functions by cadimium. **Photosynthetica**, v.31, p. 635 – 640, 1995

PROCHNOW, L.I.; PLESE, L.M.; ABREU, M.F. bioavailability of cadmium contained in single superphosphates produced from different Brazilian raw materials. Communications in **Soil Science and Plant Analysis**, v.32, p.283-294, 2001.

RAIJ, B.Van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. Van: New diagnostic techniques, universal soil extractants. **Communications in Soil Science and Plant Analisys**, v.25, p.799 – 816, 1994.

RAMALHO, J.F.G.P.; AMRAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana- de açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.971–979, 1999.

RIBEIRO FILHO, M.R.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; SIMÃO, J.B.P. Fracionamento e biodisponibilidade de metais pesados em solo contaminado, incubado com materiais orgânicos e inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.495 – 507, 2001.

RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Sci.**, Baltimore: v.68, p.95-112, 1949.

ROBARDS, K. Cadmium: toxicology and analysis. Analyst, v.116, p.549–568, 1991.

ROCA, J.; POMARES, F. Prediction of available heavy metal by six chemical extractants in sewage sludge – amended soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.22, p. 2119-2136, 1991.

SALVIANO, A.M.; FONTES, R.L.F.; NOGUEIRA, J.M.P.; ASSIS, C.P. Doses de cádmio no crescimento e na quantidade de clorofila em duas culturas de fumo cultivadas em solução nutritiva. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.18, n.1, p.6-12, 2005.

SAUVÉ, S.; HENDERSHOT, W.; ALLEN, H.E. Solid-solution partitioning of metals in contaminated soils: dependence on pH, total metal burder, and organic matter. **Environmental Science Technology**, Washington, v. 34, p.1125-1131, 2000.

SHUMAN, L.M. Effect of organic waste amendments on cadmium and lead in soil fractions of two soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p.2939-2952, 1998.

SIMS, J.T. Soil pH effects on the distribution and plant availability of manganese, copper, iron and zinc. **Soil Science Society American.** J., v.50, p.367-373, 1986.

SIMS, J.T.; KLINE, J.S. Chemical fractionation and uptake of heavy metal in soils amended with co-composted sewage sludge. **Journal Environmental Quality**, v.20, p.387-395, 1991.

SINGH, B.R.; NARWALL, R.P. Plant availability of metals in a sludge-treated soil: II. Metal extractability compared with plant uptake. **Journal Environmental Quality**, v.13, p.344-349, 1984.

SING, B.R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil Processes and water quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 398 p.

SINGH, R.S.; SINGH, R.P.; RAI, R.K. Relationship between soil test methods and uptake of copper and zinc by grasses on polluted soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p. 1313-1320, 1994.

TAVARES, T.M.; CARVALHO, F.M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Química Nova**, v.5, p.147-153, 1992.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. **Anal. Chen.**, v.51, p.844 - 851, 1979.

WILSON, B. Cadmium – market trends and influences. In: INTERNATIONAL CADMIUM CONFERENCE, 6., 1988, London. **Proceedings**... London: Cadmium Association 1988. p. 9-16.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Cadmium,** Geneva: World Health Organization, 1992 (Environmental Health Criteria, 134).

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Trace Elements in Human Nutrition and Health.** Geneva: World Health Organization, 339 p., 1996.

YANG, X.; BALIGAR, V.C.; MARTENS, D.C.L; CLARK, R.B. Cadmium effects on influx and transport of mineral nutrients in plant species. **Journal of Plant Nutrition.**, v.19 p.643–656, 1996.

XIU, H.; TAYLOR, R.W.; SHUFORD, J.W.; TADESSE, W.; ADRIANO, D.C. Comparison of extractants for available sludge-borne metals – a residual study. **Water Air and Soil pollution**, v.57/8, p.913-922, 1991.



**TABELA 1-** Resumo da análise de variância para os teores de cádmio no solo extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA-TEA, CaCl<sub>2</sub> e Água régia e o teor no tecido foliar de plantas de milho em função dos fatores estudados.

	3						
FV	GL	M-1	M-3	DTPA-TEA	$CaCl_2$	Cd total	Planta
SOLO (S)	4	1467,8*	654,6 <sup>ns</sup>	2839,4**	5575,8**	12802,0*	3333,3**
DOSE (D)	1	477648,1**	360716,0**	318902,5**	58225,5**	1183010,4**	41212,6**
PROF (P)	1	4506,6**	4763,2**	6816,0**	$0,12^{*}$	23010,4*	387,6 <sup>ns</sup>
SXD	4	1467,6*	655,9 <sup>ns</sup>	2841,5**	5767,3**	12802,0*	3333,3**
SXP	4	$2008,8^*$	1337,1 <sup>ns</sup>	1541,1*	43,7 <sup>ns</sup>	17489,5**	222,8 <sup>ns</sup>
DXP	1	4506,6**	4759,7**	6816,0**	$0.18^{*}$	23010,4*	387,6 <sup>ns</sup>
S X D X P	4	$2008,8^*$	1339,4 <sup>ns</sup>	1541,1*	43,3 <sup>ns</sup>	17489,5**	222,8 <sup>ns</sup>
RESÍDUO	40	537,0	574,3	496,5	275,3	3406,2	295,9
CV(%)		25,94	30,86	30,56	53,15	41,56	65,63

ns - não significativo, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade e \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

### Mehlich-1

#### EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1) Fator2(F2) Fator3(F3) Int. F1xF2 Int. F1xF3 Int. F2xF3 Int.F1x2x3 Resíduo	4 1 1 4 4 1 4	5871.50900 477648.19267 4506.66667 5870.71567 8035.20833 4506.66667 8035.20833 21481.02667	1467.87725 477648.19267 4506.66667 1467.67892 2008.80208 4506.66667 2008.80208 537.02567	2.7333 * 889.4327 ** 8.3919 ** 2.7330 * 3.7406 * 8.3919 ** 3.7406 *
Total	59	535955.19400		

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

#### MÉDIAS E MEDIDAS Médias do fator1

1 2	79.95000 a 97.65833 a
_	
3	76.63333 a
4	89.92500 a
5	102.38330 a
DMS	1 = 27.02640
Méd	lias do fator2
1	0.08667 b
2	178.53330 a
DMS	2 = 12.10049
Méd	lias do fator3
1	97.97667 a
2	80.64333 b
DMS	63 = 12.10049
DIVI	) - 12.100 <del>1</del> 7

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

Fator 1	Fator 2		
1 ato1 1	1	2	
1	0.0667 aB		159.8333 bcA
2	0.0667 aB		195.2500 abA
3	0.1000 aB		153.1667 cA
4	0.1000 aB		179.7500 abcA
5	0.1000 aB		204.6667 aA

DMS para colunas = 38.2211 DMS para linhas = 27.0575 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 1 x Fator 3

Fator 3				
Fator	1			
	1	2		
1	75.5333 bA	84.3667 abA		
2	119.5333 aA	75.7833 abB		
3	99.0500 abA	54.2167 bB		
4	96.0500 abA	83.8000 abA		
5	99.7167 abA	105.0500 aA		

DMS para colunas = 38.2211 DMS para linhas = 27.0575 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 2 x Fator 3

Fator 3				
1 atoi		_		
	1	2		
1	0.0867	bA	0.0867 bA	
2.	195.8667 aA		161.2000 aB	
2	193.800/ aA		101.2000 ab	

DMS para colunas = 17.1127 DMS para linhas = 17.1127 Classific.c/letras minúsculas MG 89.31000 CV% = 25.94761

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

#### DADOS:

0.0	.1 .1
0.0	.1 .1
148.0	123.0 182.0
125.0	186.0 195.0
0.0	.1 .1
0.0	.1 .1
250.0	296.0 171.0
179.0	124.0 151.5
.1	.1 .1
.1	.1 .1
240.0	190.0 164.0
108.0	118.0 99.0
.1	.1 .1
.1	.1 .1
192.0	192.0 192.0
167.5	192.0 143.0
.1	.1 .1
.1	.1 .1
214.0	212.0 172.0
186.0	200.0 244.0

### Mehlich-3

#### EXPERIMENTO FATORIAL

#### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1) Fator2(F2) Fator3(F3) Int. F1xF2 Int. F1xF3 Int. F2xF3 Int.F1x2x3 Resíduo	4 1 1 4 4 1 4 40	2618.57767 360716.08067 4763.28600 2623.97100 5348.54567 4759.72267 5357.99233 22973.19333	654.64442 360716.08067 4763.28600 655.99275 1337.13642 4759.72267 1339.49808 574.32983	1.1398 ns 628.0643 ** 8.2936 ** 1.1422 ns 2.3282 ns 8.2874 ** 2.3323 ns
Total	59	409161.36933		

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

### MÉDIAS E MEDIDAS

Mé	Médias do fator1			
1 2	73.13333 a 77.13333 a			
3	69.43333 a			
4	79.65833 a			
5	88.87500 a			
DMS	S1 = 27.94933			
Mé	dias do fator2			
1 2	0.11000 b 155.18330 a			
DMS	62 = 12.51371			
Mé	dias do fator3			
1	86.55666 a			
2	68.73666 b			
DMS	63 = 12.51371			

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

\_\_\_\_\_

Fator	Fator	2	
rator	1	2	
			-
1	0.1000	146.1667	
2	0.1000	154.1667	
3	0.1167	138.7500	
4	0.1500	159.1667	
5	0.0833	177.6667	

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

Médias Fator 1 x Fator 3

.----

Fator 3			
гаю	1	2	
	<b>5</b> 0.00 <b>2</b>		
1	70.8833	75.3833	
2	96.3833	57.8833	
3	90.5500	48.3167	
4	82.4167	76.9000	
5	92.5500	85.2000	

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

#### Médias Fator 2 x Fator 3

-----

Estan	F	ator 3	
гаю	1	2	·
1 2	0.113 173.00		0.1067 bA 137.3667 aB

DMS para colunas = 17.6971 DMS para linhas = 17.6971 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

\_\_\_\_\_

MG = 77.64667 CV% = 30.86440

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### DADOS:

-----.1 .1 .1 .1 .1 .1 135.0 136.0 154.0 103.0 161.0 188.0 .1 .1 .1 .1 .1 .1 210.0 190.0 178.0 134.0 105.0 108.0 .1 .1 .1 .2 .1 .1 220.0 180.0 143.0 96.5 96.0 97.0 .2 .2 .1 .1 .2 .1 84.0 188.0 222.0 160.0 179.0 122.0 .1 .1 .1 .1 .1 0.0 225.0 170.0 160.0 174.0 184.0 153.0 -----

### **DTPA-TEA**

#### EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1) Fator2(F2) Fator3(F3) Int. F1xF2 Int. F1xF3 Int. F2xF3 Int.F1x2x3 Resíduo	4 1 1 4 4 1 4 4 40	11357.74877 318902.50913 6816.00417 11366.12077 6164.60000 6816.00417 6164.60000 19863.16667	2839.43719 318902.50913 6816.00417 2841.53019 1541.15000 6816.00417 1541.15000 496.57917	5.7180** 642.1987** 13.7259** 5.7222** 3.1035* 13.7259** 3.1035*
Total	59	387450.75367	 7	

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

## MÉDIAS E MEDIDAS

Médi	Médias do fator1			
1	61.50000 b			
2	76.66666 ab			
3	60.96833 b			
4	67.42667 b			
5	98.00000 a			
DMS1	= 25.98873			
Médi	as do fator2			
1	0.00800 b			
2	145.81670 a			
	2 = 11.63589			
Médi	as do fator3			
1	83.57066 a			
2	62.25400 b			
DMS3	= 11.63589			

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

Fator 1	Fator 2			
	1	2		
1 2 3 4 5	0.0000 aB 0.0000 aB 0.0200 aB 0.0200 aB 0.0000 aB		123.0000 bA 153.3333 bA 121.9167 bA 134.8333 bA 196.0000 aA	

DMS para colunas = 36.7536 DMS para linhas = 26.0186 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 1 x Fator 3

DMS para colunas = 36.7536 DMS para linhas = 26.0186 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 2 x Fator 3

Fator	Fat	tor 3	
1 ato1	1	2	
1	0.0080	bA	0.0080 bA
2	167.133	3 aA	124.5000 aB

DMS para colunas = 16.4556
Classific.c/letras minúsculas
Classific.c/letras maiúsculas

MC 72 01222 CV% - 20 56281

MG 72.91233 CV% = 30.56281

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DADOS :
0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
107.00 109.00 114.00
97.00 154.00 157.00
0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
200.00 238.00 139.00
139.00 104.00 100.00
.02 .02 .02
.02 .02 .02
206.00 162.00 119.00
81.50 92.00 71.00
.02 .02 .02
.02 .02 .02
88.00 173.00 174.00
128.00 145.00 101.00
0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00
256.00 202.00 220.00
167.00 177.00 154.00

### CaCl<sub>2</sub>

#### EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1) Fator2(F2) Fator3(F3) Int. F1xF2 Int. F1xF3 Int. F2xF3 Int.F1x2x3 Resíduo	4 1 1 4 4 1 4 4 40	22303.55067 58225.58017 0.12150 22269.31067 175.15267 0.18150 173.39267 11013.48667	5575.88767 58225.58017 0.12150 5567.32767 43.78817 0.18150 43.34817 275.33717	20.2511** 211.4701** 0.0004 * 20.2200** 0.1590 <sup>ns</sup> 0.0007* 0.1574 <sup>ns</sup>
Total	59	114160.77650		

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

### MÉDIAS E MEDIDAS

Méd	Médias do fator1				
1	38.78333 a				
2	41.32500 a				
3	15.76667 b				
4	3.10000 b				
5	57.10000 a				
DMS	1 = 19.35188				
Méd	dias do fator2				
1	0.06333 b				
2	62.36666 a				
DMS	DMS2 = 8.66439				
Méd	Médias do fator3				
1	31.17000 a				
2	31.26000 a				
DMS	3 = 8.66439				

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

\_\_\_\_\_

Fator 2				
Fator	1	2		
1	0.0667 aB		77.5000 bA	
2	0.1500 aB		82.5000 bA	
3	0.0333  aB		31.5000 cA	
4	0.0333 aA		6.1667 cA	
5	0.0333 aB		114.1667 aA	

DMS para colunas = 27.3677 DMS para linhas = 19.3742 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 1 x Fator 3

\_\_\_\_\_

Fator 3				
1 ator	1	2		
1 2 3 4 5	41.5500 42.0667 13.6833 2.8667 55.6833	36.0167 40.5833 17.8500 3.3333 58.5167		

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

#### Médias Fator 2 x Fator 3

------

Fator (	Fator 3		
rator i	1	2	
1	0.0733 bA 62.2667 aA		0.0533 bA 62.4667 aA
<i></i>	62.2007 aA		62.4007 aA

DMS para colunas = 12.2533 DMS para linhas = 12.2533 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

NG 21 21500 GNG 52 15005

MG 31.21500 CV% = 53.15805

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### DADOS:

-----.2 0.0 .1 .1 0.0 0.0 89.0 85.0 75.0 10.0 97.0 109.0 .1 .2 .1 0.0 .4 .1 49.0 122.0 81.0 92.0 82.0 69.0 0.0 .1 0.0 0.0 .1 0.0 18.0 35.0 29.0 59.0 23.0 25.0 .1 .1 0.0 0.0 0.0 0.0 5.0 9.0 3.0 7.0 3.0 10.0 0.0 .1 0.0 0.0 .1 0.0 137.0 102.0 95.0 115.0 125.0 111.0

-----

### Água régia

#### EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1)	4	51208.33333	12802.08333	3.7584*
Fator2(F2)	1	1183010.41667	1183010.41667	347.3058**
Fator3(F3)	1	23010.41667	23010.41667	6.7554*
Int. F1xF2	4	51208.33333	12802.08333	3.7584*
Int. F1xF3	4	69958.33333	17489.58333	5.1346**
Int. F2xF3	1	23010.41667	23010.41667	6.7554*
Int.F1x2x3	4	69958.33333	17489.58333	5.1346**
Resíduo	40	136250.00000	3406.25000	
Total	59	1607614.58333		

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

#### MÉDIAS E MEDIDAS

Mé	dias do fator1
1 2 3 4 5	143.75000 ab 158.33330 ab 112.50000 b 104.16670 b 183.33330 a
DMS	S1 = 68.06580
Mé	dias do fator2
1 2	0.00000 b 280.83330 a
DMS	S2 = 30.47499
Mé	dias do fator3
1 2	160.00000 a 120.83330 b
DMS	S3 = 30.47499

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

	Fator 2		
Fator 1			
	1	2	
1	0.0000  aB		287.5000 abcA
2	0.0000  aB		316.6667 abA
3	0.0000  aB		225.0000 bcA
4	0.0000  aB		208.3333 cA
5	0.0000  aB		366.6667 aA

DMS para colunas = 96.2596 DMS para linhas = 68.1442 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

Médias Fator 1 x Fator 3

Fator 3 Fator 1 -----1 2 1 125.0000 bA 162.5000 aA 2 233.3333 aA 83.3333 aB 3 116.6667 bA 108.3333 aA 4 100.0000 bA 108.3333 aA 5 225.0000 aA 141.6667 aB

DMS para colunas = 96.2596 DMS para linhas = 68.1442 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 2 x Fator 3

\_\_\_\_\_ Fator 3 Fator 2 -----1 2 1 0.0000 bA 0.0000 bA 2 320.0000 aA 241.6667 aB

DMS para colunas = 43.0981 DMS para linhas = 43.0981 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

MG 140.41667 CV% = 41.56422

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### DADOS:

-----

#### **Planta**

#### EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F		
Fator1(F1)	4	13333.33333	3333.33333	11.2646**		
Fator2(F2)	1	41212.60417	41212.60417	139.2729**		
Fator3(F3)	1	387.60417	387.60417	1.3099 ns		
Int. F1xF2	4	13333.33333	3333.33333	11.2646**		
Int. F1xF3	4	891.33333	222.83333	0.7530 ns		
Int. F2xF3	1	387.60417	387.60417	1.3099 ns		
Int.F1x2x3	4	891.33333	222.83333	0.7530 ns		
Resíduo	40	11836.50000	295.91250			
Total	59	82273.64583				

<sup>\*\* =</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fator 1 = solo Fator 2 = dose Fator 3 = prof

#### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias do fator1 \_\_\_\_\_ 1 36.00000 ab 2 48.12500 a 3 9.41667 c 10.33333 c 4 5 27.16667 bc DMS1 = 20.06191Médias do fator2 \_\_\_\_\_ 1 0.00000 b 2 52.41667 a DMS2 = 8.98229Médias do fator3 1 23.66667 a 2 28.75000 a DMS3 = 8.98229

<sup>\* =</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade ns = não significativo

### ----- MÉDIAS DE INTERAÇÃO -----

#### Médias Fator 1 x Fator 2

	Fator 2	
Fator 1		
1		2

1	0.0000 aB	72.0000 abA
2	0.0000  aB	96.2500 aA
3	0.0000 aA	18.8333 cA
4	0.0000  aB	20.6667 cA
5	0.0000  aB	54.3333 bA

DMG 1 20.2710 DMG

DMS para colunas = 28.3718 DMS para linhas = 20.0850 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

#### Médias Fator 1 x Fator 3

-----

Fator	Fator	3	
1 ato1	1	2	
1 2	38.6667 40.0000	33.3333 56.2500	
3	8.8333 4.6667	10.0000 16.0000	
5	26.1667	28.1667	

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

#### Médias Fator 2 x Fator 3

-----

Fator	Fator 2	3
1 ator	1	2
1 2	0.0000 47.3333	0.0000 57.5000

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

MG 26.20833 CV% = 65.63602

#### DADOS:

0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
122.0	55.0	55.0
60.0	80.0	60.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
80.0	80.0	80.0
100.0	112.5	5 125.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
19.0	25.0	9.0
20.0	20.0	20.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
14.0	11.0	3.0
6.0	14.0	76.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
80.0	75.0	2.0
29.0	80.0	60.0

Correlations
Marked correlations are significant at $p < 0.05$
N=60 (Casewise deletion of missing data)

	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl2	Agua régia	Planta	pН	Al	AF	AT	SILTE
Mehlich-1	1,00						-0,01	-0,02	-0,02	0,04	-0,07
Mehlich-3	$0,97^{*}$	1,00					0,00	-0,02	-0,01	0,04	-0,05
DTPA-TEA	$0,97^{*}$	$0,98^{*}$	1,00				-0,04	-0,03	-0,08	0,03	-0,06
CaCl <sub>2</sub>	0,75*	0,73*	$0.78^{*}$	1,00			-0,39	0,24	-0,29	0,10	-0,17
Água régia	0,91*	0,91*	$0.93^{*}$	$0,77^{*}$	1,00		-0,13	0,06	-0,13	0,07	-0,09
Planta	0,68*	0,64*	0,64*	$0,79^{*}$	$0,70^{*}$	1,00	-0,34	0,29	-0,08	0,29	-0,31

Dose 1 Correlations  $\label{eq:correlations}$  Marked correlations are significant at  $\ p < 0.05$  N=30 (Casewise deletion of missing data)

	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl2	Água régia	Planta	pН	Al	$\mathbf{AF}$	AT	SILTE
Mehlich-1	1,00	0,74	0,80	0,31	0,58	0,06	-0,04	-0,01	-0,08	0,19	-0,28
Mehlich-3	$0,74^{*}$	1,00	0,86	0,23	0,57	-0,09	0,01	-0,09	-0,04	0,15	-0,21
DTPA-TEA	$0,80^{*}$	$0.86^{*}$	1,00	0,44	0,71	0,01	-0,15	-0,10	-0,25	0,09	-0,19
CaCl <sub>2</sub>	0,31	0,23	$0,44^{*}$	1,00	0,45	0,57	-0,80	0,48	-0,59	0,20	-0,35
Água régia	0,58*	$0,57^{*}$	0,71*	$0,45^{*}$	1,00	0,25	-0,35	0,17	-0,37	0,19	-0,24
Planta	0.06	-0.09	0.01	$0.57^{*}$	0.25	1.00	0.68	0,57	-0.16	0.58	-0.63

Dose 0 Crrelations  $\label{eq:crelations}$  Marked correlations are significant at p < 0.05 N=30 (Casewise deletion of missing data)

	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA-TEA	CaCl2	Agua régia	Planta	pН	Al	AF	AT	SILTE
Mehlich-1	1,00	0,12	0,32	-0,16	-	-	0,33	-0,4	0,03	-0,37	0,35
Mehlich-3	0,12	1	0,54*	-0,05	-	-	0,58	-0,37	0,56	-0,06	0,17
DTPA-TEA	0,32	$0,54^{*}$	1,00	-0,28	-	-	0,95	-0,74	0,45	-0,57	0,68
CaCl <sub>2</sub>	-0,16	-0,05	-0,28	1,00	-	-	-0,23	0,20	-0,04	0,27	-0,27

ARGILA	CC	PMP	DS	DR	PT	Ca	Mg	Na	K	P	$\mathbf{C}$	MO	AG
0,05	0,00	0,07	0,02	-0,05	0,01	-0,02	-0,05	-0,03	-0,01	0,08	0,10	0,10	0,04
0,03	0,00	0,07	0,00	-0,02	0,02	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,08	0,12	0,12	0,03
0,09	0,04	0,14	0,04	-0,02	-0,01	-0,03	-0,07	-0,05	-0,04	0,12	0,16	0,16	0,05
0,19	-0,05	0,16	0,28	-0,21	-0,29	-0,36	-0,38	-0,35	-0,35	-0,14	-0,10	-0,10	0,32
0,04	-0,03	0,06	0,10	0,00	-0,11	-0,09	-0,15	-0,12	-0,13	0,02	0,15	0,14	0,15
-0,09	-0,29	-0,13	0,34	-0,03	-0,37	-0,33	-0,38	-0,28	-0,32	-0,13	-0,18	-0,18	0,34
ARGILA	CC	PMP	DS	DR	PT	Ca	Mg	Na	K	P	$\mathbf{C}$	MO	AG
0,2	-0,02	0,3	0,09	-0,2	0,02	-0,07	-0,2	-0,11	-0,05	0,36	0,44	0,44	0,17
0,14	0,02	0,29	0,02	-0,09	0,06	0	-0,11	-0,03	-0,02	0,33	0,47	0,47	0,12
0,3	0,12	0,46	0,12	-0,07	-0,03	-0,09	-0,24	-0,18	-0,14	0,4	0,54	0,53	0,18
0,38	-0,11	0,32	0,57	-0,41	-0,59	-0,73	-0,77	-0,71	-0,71	-0,28	-0,19	-0,2	0,65
0,11	-0,08	0,17	0,27	0,01	-0,3	-0,25	-0,4	-0,33	-0,35	0,06	0,4	0,4	0,4
-0,18	-0,59	-0,26	0,68	-0,07	-0,75	-0,66	-0,76	-0,56	-0,64	-0,26	-0,35	-0,35	0,69
ARGILA	CC	PMP	DS	DR	PT	Ca	Mg	Na	K	P	C	МО	AG
0,29	0,42	0,33	-0,38	-0,08	0,41	0,34	0,34	0,28	0,27	0,19	0,16	0,16	-0,41
-0,33	0,03	-0,28	-0,031	0,38	0,39	0,64	0,54	0,66	0,58	0,34	0,22	0,22	-0,5
-0,07	0,48	-0,01	-0,87	0,3	0,87	0,86	0,96	0,76	0,79	0,31	0,28	0,28	-0,9
-0,18	-0,3	-0,14	0,28	0,1	-0,27	-0,27	-0,27	-0,27	-0,14	0,05	-0,03	-0,03	0,31

# Livros Grátis

( <a href="http://www.livrosgratis.com.br">http://www.livrosgratis.com.br</a>)

### Milhares de Livros para Download:

<u>Baixar</u>	livros	de	Adm	<u>iinis</u>	tra	ção

Baixar livros de Agronomia

Baixar livros de Arquitetura

Baixar livros de Artes

Baixar livros de Astronomia

Baixar livros de Biologia Geral

Baixar livros de Ciência da Computação

Baixar livros de Ciência da Informação

Baixar livros de Ciência Política

Baixar livros de Ciências da Saúde

Baixar livros de Comunicação

Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE

Baixar livros de Defesa civil

Baixar livros de Direito

Baixar livros de Direitos humanos

Baixar livros de Economia

Baixar livros de Economia Doméstica

Baixar livros de Educação

Baixar livros de Educação - Trânsito

Baixar livros de Educação Física

Baixar livros de Engenharia Aeroespacial

Baixar livros de Farmácia

Baixar livros de Filosofia

Baixar livros de Física

Baixar livros de Geociências

Baixar livros de Geografia

Baixar livros de História

Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura

Baixar livros de Literatura de Cordel

Baixar livros de Literatura Infantil

Baixar livros de Matemática

Baixar livros de Medicina

Baixar livros de Medicina Veterinária

Baixar livros de Meio Ambiente

Baixar livros de Meteorologia

Baixar Monografias e TCC

Baixar livros Multidisciplinar

Baixar livros de Música

Baixar livros de Psicologia

Baixar livros de Química

Baixar livros de Saúde Coletiva

Baixar livros de Serviço Social

Baixar livros de Sociologia

Baixar livros de Teologia

Baixar livros de Trabalho

Baixar livros de Turismo