



VI-273 - MAPEAMENTO DE METAIS PESADOS DOS PLINTOSSOLOS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO TABOCA NO VALE DO JAVAÉS NO ESTADO DO TOCANTINS

Diêverson Martins dos Reis⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins – Campus de Palmas – UFT.

Mauro Lúcio Torres Corrêa⁽²⁾

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Especialista em Química do Solo pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Mestre e Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Professor Titular/Pesquisador da Fundação Universidade do Tocantins.

Endereço⁽¹⁾: Rua T - 15, Quadra 19, Lote 17 – Santa Fé - Palmas - TO - CEP: 7706-4042 - Brasil - Tel: (63) 3571-5682 - e-mail: dmreis@uft.edu.br

RESUMO

Os metais pesados são altamente reativos e bio-acumulativos. No solo, acumulam-se freqüentemente na camada superior. Este trabalho tem como objetivo verificar os teores de metais pesados que ocorram naturalmente na área do “Projeto de irrigação de Formoso do Araguaia”, bem como avaliar a possibilidade de contaminação local em função da atividade antrópica. A coleta das amostras foi realizada em triplicatas, nas profundidades de 0-2 cm e 0-20 cm. Utilizaram-se seis áreas inseridas no projeto de irrigação e três localizadas no entorno deste, sendo uma delas utilizada para obtenção dos valores de referência (testemunha). Classificou-se a área em questão de acordo com os valores de “referência de qualidade”, “prevenção” e “intervenção”, estabelecidos pela CETESB para os solos do estado de São Paulo. Os teores de metais pesados existentes naturalmente na área mostraram-se relativamente altos para os elementos Cr e Cd. Para o Pb foi registrada baixa concentração nos locais onde não há interferência antrópica, bem como nas áreas cultivadas. Foram verificados teores de Cu e Ni, nas áreas de cultivo, acima daqueles observados para áreas sem atividade antrópica. O uso de defensivos agrícolas bem como outros insumos e fertilizantes pode contribuir para o aumento da concentração de metais pesados.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação do solo, Fertilizantes, Valores de Referência.

INTRODUÇÃO

A sub-bacia do ribeirão Taboca, afluente do rio Formoso, ocorre num ambiente geológico de cobertura cenozóica, que se referem às coberturas detrito-lateríticas Bananal e Aluvionares. O relevo da região é formado por terraços fluviais, planícies fluviais e áreas de acumulação inundáveis, com ocorrência predominante de Plintossolos (SEPLAN, 2009).

Os plintossolos são solos bastante desgastados, pouco profundos, de textura média-argilosa dominante, quase sempre fortemente ácidos, pouco permeáveis, que apresentam drenagem moderada a imperfeita devido à natureza do subsolo. Normalmente, possuem baixa capacidade de troca catiônica, soma e saturação de bases permutáveis baixas, além de alta saturação com alumínio (Vieira, 1988; Cunha e Guerra, 2003). Esses solos distinguem-se por possuírem horizonte plíntico, caracterizado pela presença da plintita, material com baixo teor de matéria orgânica; alto teor de óxidos de ferro e alumínio; e baixo teor de bases trocáveis e nutrientes (Oliveira, 2001; Prado 2004).

Na bacia do rio Formoso, está inserida a sub-bacia do ribeirão Taboca, conforme já mencionado, onde foi implantado o maior projeto de irrigação por inundação do mundo. Portanto, passível de contaminações ambientais devido à intensa atividade antrópica. Neste particular, tem-se destacado a preocupação com a contaminação na área, em especial por metais pesados devido à utilização de defensivos agrícolas bem como outros insumos e fertilizantes que podem conter tais elementos químicos.

Os metais pesados acumulam-se freqüentemente na camada superior do solo (Tamanini, 2004). Esses elementos são altamente reativos e bio-acumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de eliminá-los. A expressão “metal pesado”, comumente utilizada para designar metais classificados como poluentes, na



verdade aplica-se a elementos que têm peso específico maior que 5 g.cm^{-3} ou que possuem um número atômico maior que 20 (CETESB, 2001). De acordo com Abreu et al. (2002) alguns são essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), às bactérias fixadoras de N (Co e Mo) e aos animais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn). Porém níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças, sobretudo nos mamíferos.

Para se avaliar a extensão da poluição de uma área, é comum comparar os teores totais de metais pesados encontrados em um solo com aqueles defrontados em condições naturais (não poluídos) ou com valores de referência (padrões) (Fadigas et al., 2006; Ferreira et al., 2006). Em função do exposto e por se tratar de um ambiente relativamente frágil, julga-se necessário o mapeamento dos níveis de metais pesados que possam estar ocorrendo nesta área.

Este trabalho tem como objetivo verificar os teores de metais pesados que ocorram naturalmente na área, bem como avaliar a possibilidade de contaminação local em função da atividade antrópica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo está localizada no município de Formoso do Araguaia ($11^{\circ}47'48''\text{S}$ e $49^{\circ}31'44''\text{W}$ e altitude 240 m) na planície do vale do Javaés (TO). A precipitação média anual é de 1.650mm, concentradas entre os meses de outubro a março. As amostras foram analisadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Complexo de Ciências Agrárias da Fundação Universidade do Tocantins, em Palmas – TO.

A área de influência da sub-bacia do ribeirão Taboca foi subdividida em talhões homogêneos e caracterizada, a princípio, conforme suas características de ocupação e utilização das áreas. A coleta das amostras foi realizada na área do “Projeto de irrigação de Formoso do Araguaia, 1ª etapa, módulo 1” no mês de dezembro de 2007. Módulo este constituído por 12 parcelas onde a cultura de maior destaque é o arroz (orizicultura).

Nas parcelas 2, 4, 6, 8, 10 e 12 inseridas na área de atividade do projeto, foram realizadas coletas de amostras de solos em triplicatas, nas profundidades de 0-2 cm e 0-20 cm (esta última foi utilizada na caracterização química de rotina). Foram coletadas, ainda, amostras em uma área de pastagem (amostra 2) e em uma área na beira do rio Formoso (amostra 9), situadas no entorno do projeto de irrigação. Para minimizar a possibilidade de escolha de um solo que tenha sofrido efeito antropogênico num passado recente, coletaram-se também, de forma similar às coletas anteriores, amostras em uma área localizada na montante do projeto com o mínimo de interferência antrópica. A qual será utilizada para obtenção dos valores de referência.

O total de amostras coletadas foi de 54 amostras, sendo todas elas georeferenciadas com a utilização de equipamento de posicionamento geográfico global (GPS). Esse material foi devidamente acondicionado em recipientes apropriados e conduzido ao laboratório para caracterização química das amostras, de acordo com EMBRAPA (1999). A determinação da acidez ativa (pH) foi realizada tanto em água como em KCl 1 mol L^{-1} , na relação solo:solução 1: 2,5.

O Cálcio e Magnésio trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) foram determinados pelo método de extração por KCl 1 mol L^{-1} , e titulação com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$). O alumínio trocável foi determinado por titulação com hidróxido de sódio (NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$) após extração por KCl 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1999). Para determinação do Fósforo disponível e Potássio, fez-se extração com Mehlich-1 e determinou-se o fósforo por espectrofotometria VIS. O Potássio disponível foi determinado em fotômetro de chama (EMBRAPA, 1999).

Para determinação da matéria orgânica utilizou-se do método de Walkley & Black (oxidação do carbono orgânico com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 mol L^{-1} na presença de H_2SO_4 concentrado). Os teores totais de metais pesados foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, conforme o método USEPA 3050B do SW 486 descrito em USEPA (2003), no Laboratório de Espectrometria molecular e atômica da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. O referido método é caracterizado por uma extração fortemente ácida, que permite a detecção dos metais considerados ambientalmente disponíveis, sem que ocorra, entretanto, a digestão completa da amostra.



Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, por meio do software SAEG e, em seguida classificou-se a área em questão, quanto aos teores de metais pesados, de acordo com os valores de “referência de qualidade”, “prevenção” e “intervenção”, estabelecidos pela CETESB (2005) para os solos do estado de São Paulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de pH do solo podem ser usadas para prever o comportamento químico do mesmo, principalmente no que se refere à disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos. Na tabela 1 são apresentadas as propriedades químicas dos solos de Formoso do Araguaia onde é possível verificar que as amostras de solos estudados apresentam-se sob acidez média a fraca.

Tabela 1: Características químicas das amostras de solos utilizadas (média de 3 repetições).

| Amostr a | pH | | Δ pH | P | K | $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ | Al^{3+} | SB | t | m | M.O. |
|-------------|------------------|------|-------------|---------------------|--------|---|------------------|-------|-------|-------|----------------------|
| | H ₂ O | KCl | | | | | | | | | |
| | | | | mg dm ⁻³ | |cmol _c dm ⁻³ | | | | % | dag kg ⁻¹ |
| 1 | 6,27 | 4,33 | -1,94 | 2,70 | 161,57 | 2,90 | 0,22 | 3,30 | 3,52 | 13,77 | 2,62 |
| 2 | 6,23 | 4,57 | -1,66 | 2,50 | 71,77 | 1,82 | 0,32 | 1,99 | 2,31 | 17,70 | 2,18 |
| 3 | 5,73 | 4,43 | -1,30 | 29,63 | 95,15 | 3,08 | 0,36 | 3,28 | 3,64 | 9,96 | 2,40 |
| 4 | 6,13 | 4,27 | -1,87 | 8,87 | 81,60 | 2,94 | 0,19 | 3,14 | 3,33 | 5,56 | 3,36 |
| 5 | 6,20 | 4,80 | -1,40 | 12,30 | 58,23 | 6,60 | 0,12 | 6,82 | 6,89 | 2,10 | 2,37 |
| 6 | 6,83 | 5,53 | -1,30 | 16,60 | 87,07 | 13,97 | 0,55 | 14,21 | 14,75 | 2,90 | 6,85 |
| 7 | 5,57 | 4,43 | -1,13 | 5,67 | 34,50 | 4,09 | 0,48 | 4,19 | 4,67 | 10,66 | 6,10 |
| 8 | 6,20 | 4,87 | -1,33 | 5,93 | 71,70 | 2,58 | 0,35 | 2,74 | 3,09 | 14,36 | 1,71 |
| 9 | 5,97 | 4,73 | -1,23 | 2,03 | 28,83 | 4,68 | 0,18 | 4,78 | 4,96 | 3,64 | 0,70 |

pH em água e KCl relação 1:2,5; Δ pH: Delta pH; P e K: Extrator Mehlich 1; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Al^{3+} : Extrator KCl 1mol/L⁻¹; SB: Soma de Bases; CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; m: Índice de Saturação de Bases; M.O.: Matéria Orgânica, determinada pelo método Walkley & Black (M.O. = 1,724 x Carbono Orgânico).

Amostra 1 = Montante do Projeto de irrigação de Formoso do Araguaia; Amostra 2 = Área de Pastagem; Amostra 3, 4, 5, 6, 7 e 8 = Parcela 2, 4, 6, 8, 10 e 12 respectivamente; Amostra 9 = Beira do Rio Formoso.

O conteúdo total de metais pesados fornece informações sobre sua reserva no solo. Segundo Camargo et al. (2000), os parâmetros geralmente utilizados para o controle da contaminação do solo baseiam-se na quantidade total de metais pesados. Todavia, não existe no país uma uniformidade com relação às técnicas de monitoramento químico do meio ambiente.

A CETESB (2005) através de estudo realizado no estado de São Paulo, com relação à ocorrência de metais pesados em diferentes cenários, informa os valores orientadores para contaminação de solos e águas subterrâneas no Estado. Sendo assim, o valor de referência de qualidade é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, e foi definido com base no quartil superior (75%) dos resultados analíticos. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

Valor de prevenção é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes (CETESB, 2005).

Valor de intervenção é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para



cenários de exposição agrícola, residencial e industrial. A área será classificada como área contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco (CETESB, 2005).

Torna-se importante salientar, que a princípio os valores orientadores (Tabela 2) para solos não estão fixados em legislação, uma vez que estes valores dependem do tipo e uso pretendido do solo estando ainda em fase de desenvolvimento.

Tabela 2: Valores orientadores para contaminação de solos por metais pesados no estado de São Paulo.

| Elemento | Valores Orientadores | | |
|----------|--------------------------------|-----------|-------------|
| | Referência de Qualidade | Prevenção | Intervenção |
| |mg kg ⁻¹ | | |
| Cr | 40 | 75 | 150 |
| Pb | 17 | 72 | 180 |
| Ni | 13 | 30 | 70 |
| Cd | < 0,5 | 1,3 | 3 |
| Cu | 35 | 60 | 200 |

Fonte: Adaptado de CETESB (2005).

Na tabela 3 podem-se observar os resultados da análise de variância para cada um dos metais avaliados. Os coeficientes de variação obtidos foram comparados e estão de acordo com o proposto por Pimentel Gomes (2000).

Tabela 3: Análise de variância para Cr, Pb, Ni, Cd e Cu dos solos de Formoso do Araguaia. Palmas, 2008.

| F.V. | G.L. | Q.M. | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|-----------|-------------------------|-----------|
| | | Cr | Pb | Ni | Cd | Cu |
| Repetição | 2 | 104,88 | 3,2 | 22,24 | 0,59 x 10 ⁻² | 12,77 |
| Solos | 8 | 3641,66** | 43,7** | 2211,59** | 0,29** | 2533,09** |
| Resíduo | 16 | 127,18 | 5,87 | 18,84 | 0,38 x 10 ⁻¹ | 49,31 |
| C.V. (%) | | 15,32 | 13,57 | 12,04 | 5,96 | 16,63 |
| Média | | 73,63 | 17,86 | 36,06 | 3,29 | 42,23 |

** coeficientes significativos a $P \leq 0,01$.

Os valores de concentrações obtidos para os elementos analisados nas diferentes áreas amostradas, representadas por amostras coletadas a profundidades de 0 a 2 cm, são apresentados na tabela 4. Como citado anteriormente, esses resultados foram comparados com os valores orientadores (Tabela 2) estabelecidos pela CETESB (2005).



Tabela 4: Teores totais de metais pesados das amostras de solos de Formoso do Araguaia (média de 3 repetições).

| Amostra | Cr | Pb | Ni | Cd | Cu |
|--------------------------------|---------|--------|--------|-------|--------|
|mg Kg ⁻¹ | | | | | |
| 1 | 51,104 | 14,717 | 7,188 | 3,616 | 9,500 |
| 2 | 33,185 | 12,694 | 5,939 | 3,148 | 8,091 |
| 3 | 49,955 | 16,229 | 21,738 | 2,808 | 27,977 |
| 4 | 89,474 | 20,822 | 38,526 | 3,082 | 46,043 |
| 5 | 110,436 | 21,010 | 72,249 | 3,602 | 76,180 |
| 6 | 113,892 | 21,995 | 69,171 | 3,403 | 76,436 |
| 7 | 115,540 | 22,695 | 67,114 | 3,712 | 80,355 |
| 8 | 28,761 | 13,713 | 12,951 | 3,045 | 20,501 |
| 9 | 70,316 | 16,896 | 29,649 | 3,154 | 35,005 |

Amostra 1 = Montante do Projeto de irrigação de Formoso do Araguaia; Amostra 2 = Área de Pastagem; Amostra 3, 4, 5, 6, 7 e 8 = Parcela 2, 4, 6, 8, 10 e 12 do Projeto de Irrigação, respectivamente; Amostra 9 = Beira do Rio Formoso.

O teor de Cr na amostra 1 indica que os níveis naturais, para este metal, no solo de Formoso do Araguaia, já superam o valor de referência de qualidade. De acordo com a CETESB (2001), em virtude das características específicas de cada tipo de solo, podem ser encontradas concentrações naturais de metais maiores que os valores de referência estabelecidos. Os menores teores registrados encontram-se na área de pastagem (amostra 2) e em áreas inseridas no projeto de irrigação (amostras 3 e 8), sendo que no período em que realizou-se a coleta, estas foram mantidas sem cultivo algum. Na amostra 9, o teor de metais pesados esteve próximo ao valor de prevenção. A concentração de Cr obtido nas amostras 4, 5, 6 e 7 ultrapassam os valores de prevenção, porém, nenhuma das áreas estudadas apresenta valores suficientes para serem enquadradas como áreas contaminadas. Todavia, esses resultados já demonstram um impacto ambiental, o que pode estar associado ao constante uso de agroquímicos e que exige um monitoramento eficiente das atividades ali desenvolvidas, como também, da qualidade dos compartimentos ambientais dessas áreas.

No que se refere às concentrações de Pb, pode-se observar que em geral as áreas apresentam teores próximos do valor de referência de qualidade, algumas inclusive, com valores mais baixos que este. A área de pastagem (amostra 2) apresenta uma concentração de 12,694 mg Kg⁻¹. O resultado observado na amostra 1 demonstra que a ocorrência natural deste metal é baixa. A preocupação com a concentração de Pb no solo, parte da premissa de que este é considerado um dos maiores poluentes ambientais e um dos principais responsáveis pelo envenenamento de animais. Este metal pesado afeta todos os órgãos e sistemas tanto de corpos de animais quanto de seres humanos, sendo que os efeitos mais sentidos parecem ser neurológicos (particularmente em crianças), hematológicos e cardiovasculares (ATSDR, 2005).

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se, na amostra 1, que os teores totais de ocorrência natural do Ni são baixos. Relacionando este dado com o teor observado na amostra 5, que por sua vez foi superior ao valor de intervenção estabelecido pela CETESB (2005), verifica-se um quadro característico de contaminação ambiental, que pode estar ocorrendo em função da atividade antrópica exercida na parcela 6 do projeto de irrigação. Esse metal pode expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através das próprias plantas ou pela contaminação das águas de superfície e subterrâneas. No que se refere aos solos de Formoso do Araguaia, é possível notar, ainda, que mais três áreas apresentaram concentração superior ao valor de prevenção, em especial as amostras 6 e 7 que tiveram teores próximos ao valor de intervenção. A concentração obtida na amostra 9 sugere que para o metal em questão, a área localizada na beira do rio Formoso, a jusante do projeto, serve como zona de acumulação. Na área de pastagem (amostra 2), a exemplo do ocorrido com os outros metais, verificou-se o menor teor de Ni entre todas as amostras estudadas.

O Cd foi o metal que apresentou os maiores teores em comparação aos valores orientadores. As concentrações naturais desse metal ultrapassam os valores de referência de qualidade, prevenção e intervenção adotados pela CETESB (2005). De acordo com os critérios abordados, este solo estaria naturalmente contaminado. No



entanto, em estudo realizado por Fadigas et al. (2006) com os mais representativos solos brasileiros, a fim de que a concentração natural de um elemento fosse admitida como ainda esperada para determinado grupo, foi proposto um limite máximo de até 4 mg Kg⁻¹ de Cd demonstrando que há ocorrência natural de altos teores desse metal. Segundo Teódulo et al. (2003), em condições normais a principal fonte de metais pesados em solos e sedimentos deriva do material parental das rochas que lhe deram origem.

O Cu é um metal que apresenta alta afinidade com os componentes coloidais do solo, pois participa de ligações tanto com a fase mineral do solo quanto com a fase orgânica, cujos agrupamentos funcionais são os mais comumente envolvidos no processo de adsorção de metais nos solos (Sparks, 1995). Segundo Cameron (1992), juntamente com o Cd, o Cu é considerado um dos principais metais poluentes, incluído na lista de prioridades da USEPA. Neste trabalho, os maiores teores de Cu foram obtidos nas amostras 5, 6 e 7 cujas concentrações são: 76,180; 76,436 e 80,355 mg kg⁻¹, respectivamente. De acordo com os valores orientadores estabelecidos pela CETESB (2005), essas três áreas apresentam teores de Cu superiores ao valor de prevenção, estando assim sujeitas a alterações prejudiciais à qualidade do solo. O valor observado na amostra 1, demonstra que a ocorrência natural do Cu nos solos da área em estudo são bem inferiores ao limite do valor de referência de qualidade. Esse resultado reforça a tese de que o uso de defensivos agrícolas bem como outros insumos e fertilizantes está contribuindo para o aumento da concentração de Cu nas áreas de cultivo.

De modo geral, os resultados observados neste estudo indicam que há ocorrência natural de Cr e Cd em teores relativamente altos. O uso de defensivos agrícolas bem como outros insumos e fertilizantes pode contribuir para o aumento da concentração de metais pesados, isto pode ser evitado por meio do monitoramento constante das atividades desenvolvidas, bem como o monitoramento da qualidade e tipo de insumos utilizados.

Sugere-se, ainda, mais estudos sobre a contaminação ambiental, em especial por metais pesados devido à interferência antrópica no meio, para que se possa melhor compreender as conseqüências advindas da atividade agrícola. Ressalta-se também a necessidade de se estabelecer valores orientadores para a presença de metais pesados em solos e águas da região foco de estudo e de todo o estado do Tocantins, à semelhança daquilo que vem sendo estabelecido para o estado de São Paulo pela CETESB. Espera-se por fim, que estes estudos sejam realizados em breve para o nosso estado.

CONCLUSÕES

Os teores de metais pesados existentes naturalmente na área mostraram-se relativamente altos para os elementos Cr e Cd.

Para o Pb foi registrada baixa concentração nas áreas cultivadas, bem como nos locais onde não há interferência antrópica.

Foram verificados teores de Cu e Ni nas áreas cultivadas acima daqueles observados para áreas sem atividade antrópica.

O uso de defensivos agrícolas bem como outros insumos e fertilizantes pode contribuir para o aumento da concentração de metais pesados, porém não foram verificadas, ainda, concentrações suficientes para que as áreas estudadas sejam tidas como contaminadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, C. A.; ABREU, M. F. e BERTON, R. S. Análise química de solo para metais pesados. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. (Ed) Tópicos em Ciência do Solo. Volume 2 - 2002. Viçosa. SBCS, 2002. p. 645 - 692.
2. ATSDR. 2005. Toxicological profile for lead. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html#bookmark03>. data 10/08/2008
3. CAMARGO, M.S.; ROSSI, C.; ANJOS, A.R.M.; MALAVOLTA, E. Adubação Fosfatada e Metais Pesados em Latassolo Cultivado com Arroz. Scientia Agrícola, v.57, n. 3, p. 513-518, 2000.
4. CAMERON, R. E. Guide to site and soil description for hazardous waste site characterisation: Vol. 1. Metals US Environmental Protection Agency; 1992.



5. CETESB – Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Dorothy C. P. Casarini [et al.]. São Paulo, SP: CETESB, 2001. 73 p.
6. CETESB. 2005. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas. Decisão no 195-2005-E, São Paulo, 4p.
7. CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3ª edição, 2003.
8. EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Organizador: Fábio Cesar da Silva. – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
9. FADIGAS, F. S. et al. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.10, n.3, p.699–705, 2006.
10. FERREIRA, J. G.; OLIVEIRA, M. J. E. Valores orientadores para avaliação da contaminação em solo e água - estudo de caso. UNITAU: Taubaté, 2006.
11. MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na, NH₄. Short Test Methods Used in Soil Testing Division, Department of Agriculture, Raleigh, North Carolina. S.T.D.P. no. 1-53. 1953.
12. OLIVEIRA, J. B. Pedologia Aplicada. Funep: Jaboticabal. 2001. 414p.
13. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 14. ed., Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
14. PRADO, H.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. A influência do horizonte plântico no desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo, 2004.
15. SEPLAN – Secretária de Planejamento do Estado do Tocantins. Mapas geológico, de relevo e de solos. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br>. Acesso em: 08/02/2009.
16. SPARKS, D.L. Environmental soil chemistry. San Diego: Academic Press, 1995. 267p.
17. TAMANINI, C.R.; ANDREOLI, C.V.; MOTTA, C.C. Teor de metais pesados no solo e absorção pelo milho em área degradada tratada com altas doses de biossólido – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
18. TEÓDULO, M. J. R. et al. Comparação de métodos de extração parcial de metais traço em solos e sedimentos de um estuário tropical sob a influência de um complexo industrial portuário, Pernambuco Brasil. Estudos Geológicos v. 13, 2003.
19. USEPA – United States Environmental Agency. Washington DC. SW 486 On Line. Test Methods for Evaluating Solid Wastes, Physical/Chemical Methods. 2003.
20. VIEIRA, L.S. Manual da Ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais. 2ª edição, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1988.