



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

Campos, Mari Lucia; Guimarães Guilherme, Luiz Roberto; Granate de Sá e Melo Marques, João José;  
Curi, Nilton; Siqueira Antunes Araújo, Alessandra; Miquelluti, David José; Lopes, Claudia; Rodrigues  
Spiazzi, Fábio

TEORES DE ARSÊNIO E CÁDMIO EM SOLOS DO BIOMA CERRADO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 37, núm. 1, enero-febrero, 2013, pp. 281-286

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180225736029>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# **TEORES DE ARSÊNIO E CÁDMIO EM SOLOS DO BIOMA CERRADO<sup>(1)</sup>**

**Mari Lucia Campos<sup>(2)</sup>, Luiz Roberto Guimarães Guilherme<sup>(3)</sup>, João José Granate de Sá e  
Melo Marques<sup>(3)</sup>, Nilton Curi<sup>(3)</sup>, Alessandra Siqueira Antunes Araújo<sup>(4)</sup>, David José  
Miquelluti<sup>(2)</sup>, Claudia Lopes<sup>(5)</sup> & Fábio Rodrigues Spiazzi<sup>(6)</sup>**

## **RESUMO**

O conhecimento do teor natural de As e Cd em solos é importante para monitorar o risco de possível entrada desses elementos na cadeia alimentar por fontes antropogênicas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o teor natural de As e Cd em solos representativos do bioma Cerrado. Foram coletados solos de três sub-regiões: G (leste de Goiás), T (Triângulo Mineiro) e N (nordeste de MG). Para determinar os teores de As e Cd, as amostras de solo foram submetidas à digestão em forno de micro-ondas, protocolo USEPA 3051A, determinação em espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica. Os teores médios de As decresceram na seguinte ordem: sub-região G ( $3,29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > sub-região T ( $2,18 \text{ mg kg}^{-1}$ ) > sub-região N ( $0,62 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Para Cd, os teores nos solos das sub-regiões G ( $2,45 \text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ ) e T ( $1,88 \text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ ) foram iguais e superiores aos da N ( $1,16 \text{ }\mu\text{g kg}^{-1}$ ). Os maiores teores de As e Cd foram encontrados na sub-região G em perfis de Plintossolo e Cambissolo, enquanto os menores teores foram encontrados em perfis de Neossolo Quartzarênico.

**Termos de indexação:** elementos tóxicos, concentração natural, Cerrado.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 16 de dezembro de 2011 e aprovado em 09 de novembro de 2012.

<sup>(2)</sup> Professor, Dr., Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090 Bairro Conta Dinheiro. CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: mari.lucia03@gmail.com; dmiquell@cav.udesc.br

<sup>(3)</sup> Professor, Departamento de Ciência do Solo/DCS da Universidade Federal de Lavras/UFLA. Caixa Postal 37. CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: guilherm@dcs.ufla.br; jmarques@dcs.ufla.br; niltcuri@ufla.br

<sup>(4)</sup> Doutoranda de Curso de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Senador Filinto Müller, 1555, Cidade Universitária. CEP 79074-460 Campo Grande (MS). E-mail: alessandra\_santunes@yahoo.com.br

<sup>(5)</sup> Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UDESC. E-mail: claulps@yahoo.com.br

<sup>(6)</sup> Professor, Msc., Centro Universitário Catarinense, Faculdades Integradas - FACVEST. Av. Marechal Floriano, 947. CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: maxplus2007@yahoo.com.br

## **SUMMARY: ARSENATE AND CADMIUM CONTENT IN SOILS OF THE CERRADO BIOMA**

*Knowledge on As and Cd levels in soils is important to monitor the entry of these elements into the food chain from anthropogenic sources. The purpose of this study was to determine the natural content of As and Cd in representative soils of the Cerrado region, Brazil. Soil samples were collected from three sub-regions: G (eastern Goiás), T (Triângulo Mineiro) and N (northeastern MG). To determine the soil levels of As and Cd, samples were digested by acid attack in a microwave oven, using USEPA 3051A. The element content was quantified by graphite furnace atomic absorption spectrometry. The average As levels decreased in the following order: sub-region G ( $3.29 \text{ mg kg}^{-1}$ ), sub-region T ( $2.18 \text{ mg kg}^{-1}$ ) and sub-region N ( $0.62 \text{ mg kg}^{-1}$ ). For Cd, the soil levels in the sub-regions G ( $2.45 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) and T ( $1.88 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) were equal to and higher than in N ( $1.16 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ). The greatest concentrations of As and Cd were found in G (Plinthosols and Inceptisols), whereas the lowest levels were found in the Neosols.*

*Index terms:* toxic elements, natural content, Cerrado.

### **INTRODUÇÃO**

A contaminação do solo com As e Cd tem se tornado foco de estudo por causa do seu efeito tóxico aos seres vivos e em especial à saúde humana. Essas substâncias foram classificadas pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR (ATSDR, 2007) juntamente com a USEPA (USEPA, 1998), pelo oitavo ano consecutivo, como as duas substâncias mais perigosas à saúde humana. A exposição ao As (Zakharova et al., 2002) e Cd (Déportes et al., 1995), via ingestão de produtos agrícolas e de solo, resulta em substancial risco à saúde. O monitoramento de eventuais entradas de As e Cd pode garantir a preservação das funções agrícola e ecológica do solo (Alloway, 1990a).

A determinação do teor de As e Cd em solos de biomas como o Cerrado, o segundo maior no Brasil, ocupando 21 % do território brasileiro, com aproximadamente  $2.100.000 \text{ km}^2$  (SEMARH, 2005; Bonnet et al., 2006) e que ainda apresenta locais com pequena interferência humana, é de extrema importância para auxiliar no monitoramento de eventuais entradas de fontes antropogênicas.

Na prática, porém, é extremamente difícil determinar os teores naturais, ou seja, aqueles existentes em regiões sem nenhuma influência antropogênica (Chen et al., 1999), isso porque quase toda a superfície terrestre já foi influenciada por atividade humana (Rice, 1999). O mais apropriado seria usar o termo concentração de base (*background*), que é definido como a concentração encontrada em um tempo particular durante um estudo ou programa de monitoramento (Rice, 1999). Teores acima do valor de concentração de base indicam que o solo se encontra contaminado (Guilherme et al., 2005).

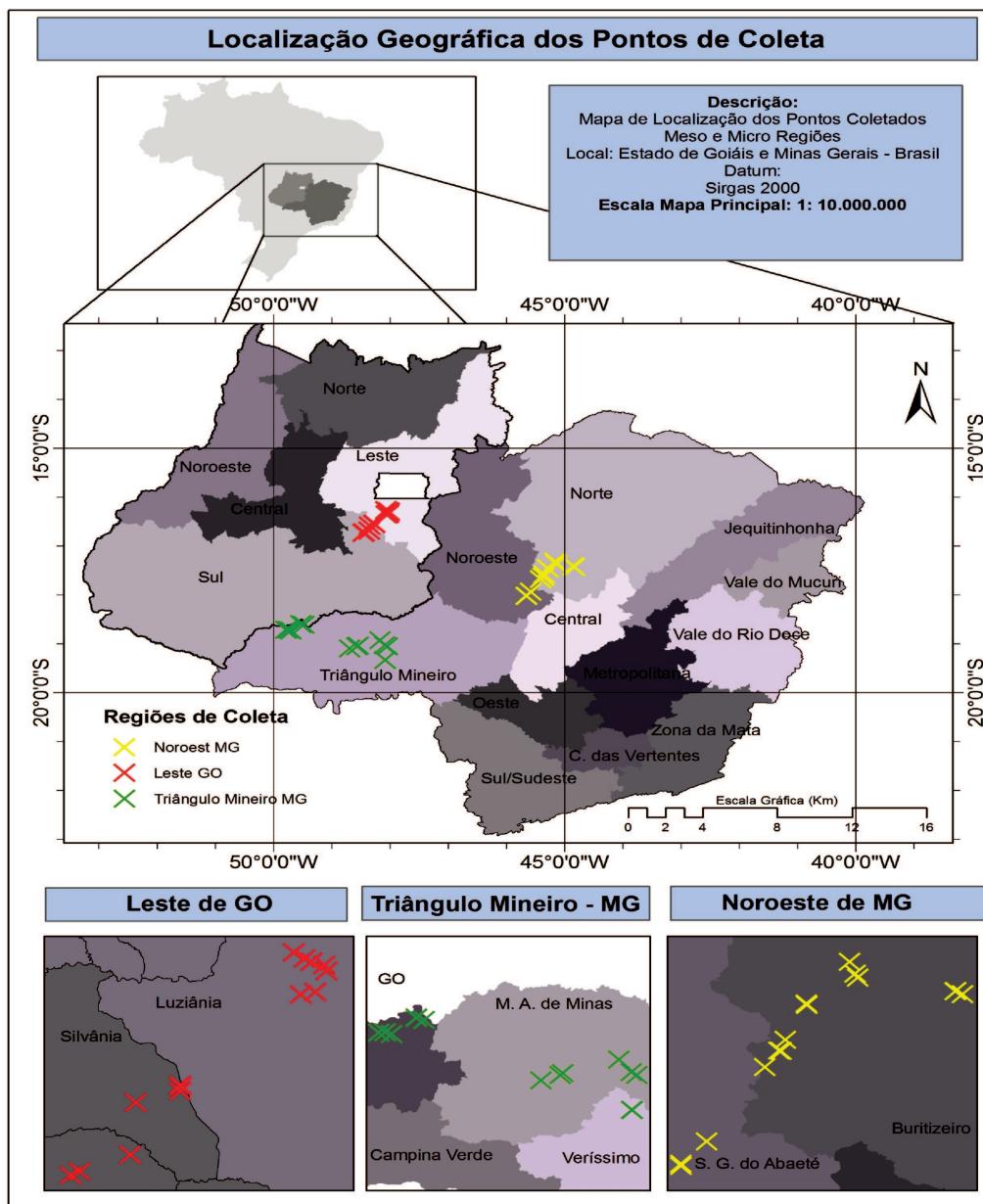
O teor natural e o comportamento físico-químico dos elementos-traço (ETs) nos solos vêm sendo determinados para várias regiões brasileiras, porém muito pouco tem sido investigado para a região dos

Cerrados (Marques et al., 2004b). A expansão agrícola gera um novo cenário no Cerrado, onde a entrada de defensivos agrícolas, resíduos orgânicos e inorgânicos, fertilizantes e corretivos pode conduzir ao aumento dos teores de elementos potencialmente tóxicos no sistema solo.

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de base de As e Cd em solos representativos do bioma Cerrado, sem contaminação intencional por atividades antrópicas, estabelecendo valores de referência do teor natural de As e Cd que possam ser utilizados em programas de monitoramento da contaminação por fontes antropogênicas naquele bioma.

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas amostras compostas de solos de três sub-regiões representativas do Cerrado, que são a G (leste de Goiás), T (Triângulo Mineiro) e N (nordeste de MG) (Figura 1). Essas sub-regiões foram escolhidas não só com base na sua representatividade, mas também pelo fato de possuírem informação básica publicada como mapas de solo, estudos de gênese do solo etc. (Marques et al., 2004a,b; Gomes et al., 2004). Esses solos foram os mesmos utilizados nos estudos realizados por Marques et al. (2004a,b), nos quais encontram-se as características químicas, físicas e mineralógicas das classes de solo estudadas. Em cada uma dessas sub-regiões, foram selecionadas cinco classes de solo relevantes do ponto de vista agrícola e ambiental. Todos os locais de amostragem nunca tinham sido cultivados e estavam a mais de 100 m de estradas pavimentadas, linhas de transmissão, vias férreas e campos cultivados e a mais de 1 km de qualquer indústria conhecida. Para cada classe de solo, foram realizadas três amostragens, em profundidade de 0-0,2 m, com distância em média de 12 km uma da



**Figura 1.** Mapa da localização das sub-regiões G (Leste de GO); T (Triângulo Mineiro, MG); e N (Noroeste de MG).

outra, totalizando 45 amostras. Maiores detalhes sobre a geomorfologia, os procedimentos e os locais de amostragem dos solos podem ser encontrados em Marques et al. (2004a,b). Aproximadamente 2 g de cada uma dessas amostras foram moídas em gral de ágata e passadas em peneira de 0,15 mm. As amostras, ~0,5 g, foram submetidas à digestão por meio de ataque ácido (10 mL HNO<sub>3</sub>) em tubos de Teflon® hermeticamente fechados, em forno de micro-ondas (método USEPA 3051A). Realizaram-se duas repetições de laboratório. Após a digestão e filtragem, o volume foi completado para 20 mL e a solução ácida foi armazenada em frascos de polipropileno. Salienta-se que em cada bateria de digestão foram incluídas

amostras-controle denominadas AC 115 e AC 103, que são provenientes de um programa interlaboratorial de análises de solos, o *North American Proficiency Testing* (NAPT - <http://www.naptprogram.org/>), coordenado pela *Soil Science Society of America*. As provas em branco foram utilizadas para o cálculo do Limite de Detecção Qualitativo do Método Analítico (LDQM) (Quadro 2). O LDQM foi calculado segundo a equação LDQ = Fd x (M ± t x s) (APHA, 1989), em que Fd é o fator de diluição das amostras; M, a média das provas em branco; t, o valor t-Student para um intervalo de confiança de 99 %, em razão do número de graus de liberdade de medições repetidas (3,1 no caso de oito repetições); e s, o desvio-padrão das provas em branco.

**Quadro 1. Solos, material de origem e localização geográfica dos perfis descritos e amostrados**

Sub-região	Material de origem	Classe de Solo
Leste de Goiás - G	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho ácrico típico - LVw
	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Amarelo ácrico típico - LAw
	Sedimentos argilosos de cobertura	Plintossolo Pétrico concrecionário distrófico típico - FFc
	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho distrófico típico - LVd1
	Pelíticas	Cambissolo Háplico Tb distrófico típico - CXbd
Noroeste de Minas Gerais - N	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho distrófico típico - LVd1
	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico - LVAd
	Arenito areado	Latossolo Amarelo distrófico psamítico - LAd
	Arenito areado	Neossolo Quartzarênico órtico típico - Rqo
	Arenito areado	Latossolo Vermelho distrófico típico - LVd2
Triângulo Mineiro - T	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho distrófico típico - LVd1
	Sedimentos argilosos de cobertura	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico - LVAd
	Arenito Bauru	Latossolo Vermelho distrófico típico - LVd2
	Basalto	Latossolo Vermelho distróferríco típico - LVdf1
	Basalto	Latossolo Vermelho distróferríco típico - LVdf2

Fonte: Modificado de Marques et al. (2004a).

**Quadro 2. Concentração de As e Cd das amostras-controle, valores determinados e esperados (média de n= 7 ± desvio-padrão) e limite de detecção qualitativo (LDQM)**

Amostra-controle		As	Cd
		mg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>
AC 115	Determinado	2,16 ± 0,45	0,045 ± 0,02
	Esperado	1,86 ± 0,2	0,15 ± 0,1
AC 103	Determinado	3,14 ± 0,76	
	Esperado	3,75 ± 1,6	
UFLA <sup>1</sup>	Determinado	13,33 ± 6,18	147,34 ± 42,49
	Esperado	-	-
LDQM		0,013	1,59

<sup>1</sup>Horizonte A de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (coordenadas UTM: x: 0503646 e y: 7652507 - 23K) coletado no Campus da UFLA, Lavras (MG).

Os teores de As e Cd foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, usando equipamento Perkin Elmer AAAnalyst 800 com atomização eletrotérmica em forno de grafite. A condição de leitura utilizada foi a temperatura de pirólise a 500 °C, recomendação do fabricante, e, como modificadores químicos, 0,003 mg de Mg na forma de Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, para determinar o As (Niedzielski et al., 2002), e a mistura de 2 % NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> mais 0,4 % Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> em 0,5 mol L<sup>-1</sup> HNO<sub>3</sub>, para o Cd (Petit & Rucandio, 1999).

As análises estatísticas foram conduzidas, utilizando-se um modelo linear hierárquico de efeitos fixos, em três níveis, sendo considerados os pontos de

coleta no primeiro nível; a classe de solos, no segundo; e a sub-região amostrada, no terceiro. As comparações entre sub-regiões e entre classes de solos dentro de cada sub-região foram testadas por meio dos testes F e t (Steel et al., 1997; Littel et al., 2006). Aplicou-se a transformação logarítmica da variável teor de As e Cd, conforme a análise descritiva dos dados, para atender as pressuposições teóricas dos testes. Todas as análises foram conduzidas, usando-se o procedimento MIXED (Littel et al., 2006) do software SAS® (SAS, 2003). Para todos os testes efetuados, foi considerado o nível mínimo de significância de 5 %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística entre as sub-regiões avaliadas para As e Cd (Quadro 3). Os teores médios de As nas amostras decresceram na seguinte ordem: sub-região G > sub-região T > sub-região N. Para Cd, os teores nos solos das sub-regiões G e T não apresentaram diferença estatística e foram superiores aos da N (Quadro 3). Os teores médios de As e Cd nos solos das sub-regiões G, T e N encontram-se dentro da faixa dos apresentados por Fitz & Wenzel (2002) e Smedley & Kinniburgh (2002), para As, entre 1 e 10 mg kg<sup>-1</sup>, e por McBride (1994), para Cd, compreendidos entre 60 e 100 µg kg<sup>-1</sup>. Informa-se que os teores de As e Cd apresentados por esses autores são para solos ditos não contaminados intencionalmente por fontes antropogênicas. As concentrações de base encontradas para solos da Itália foram de 0,08 - 29,3 mg kg<sup>-1</sup>, para As, e de 20 - 1540 µg kg<sup>-1</sup>, para Cd (Albanese et al., 2007). Chen et al. (2001) encontraram em média 6,21 mg kg<sup>-1</sup> de As em solos coletados em áreas com mínimo

de interferência antrópica. Segundo Curi & Franzmeier (1987), os teores de As no Latossolo Roxo variam entre 6 e 10 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto para Latossolo Ferrífero foi de 36 mg kg<sup>-1</sup>.

A comparação entre classes de solos dentro das sub-regiões evidenciou diferença significativa nos teores de Cd e As (Quadro 4). O solo que apresentou o maior teor de As coletado na sub-região G foi o Plintossolo. Os valores muito baixos do índice Kr desse solo ( $\leq 0,85$ ) ajudam a explicar tal tendência, em razão da maior capacidade de adsorver As desse sistema pedológico (Campos et al., 2007). Já o solo que apresentou o menor teor de As foi o Neossolo Quartzarênico da sub-região N, o que está associado

aos menores teores de argila, hematita e à menor área superficial específica (Marques et al., 2004a,b), confirmando o grande fator de diluição do material psamítico do solo.

Quanto ao Cd, o maior teor foi registrado no Cambissolo da sub-região G e o menor foi novamente apresentado pelo Neossolo Quartzarênico da sub-região N. O primeiro caso talvez esteja relacionado ao menor grau de lixiviação, já que se trata de um solo jovem, e a um maior teor desse elemento na rocha pelítica. No segundo caso, as explicações são semelhantes àquelas apresentadas para o As.

Os teores de Cd e As obtidos para Latossolos do Cerrado neste estudo (Quadro 4) encontram-se abaixo do observado para 17 Latossolos coletados em diferentes regiões do Brasil, sendo os teores médios observados para aqueles solos de  $660 \pm 200 \mu\text{g kg}^{-1}$  de Cd (Campos et al., 2003) e de 5,92 mg kg<sup>-1</sup>, de As (Campos et al., 2007). Paye et al. (2010) encontraram teor de As de 6,8 mg kg<sup>-1</sup> e de Cd, menor que o limite de detecção do método ( $< 130 \mu\text{g kg}^{-1}$  de Cd) em solos do Espírito Santo. Esses autores atribuíram esses resultados ao fato de a maioria dos solos serem derivados de rochas sedimentares e ígneas ácidas cristalinas, com baixos teores de metais pesados, e com baixa concentração de Cd encontrada na crosta terrestre (0,15 mg kg<sup>-1</sup>).

Os teores de As e Cd para os solos do Cerrado avaliados neste estudo estão entre os mais baixos em relação aos relatados para outros solos do mundo, o que podem ser resultado da interação do baixo teor desses elementos no material de origem com o alto grau de intemperismo-lixiviação desses solos, exceto para o Cambissolo da sub-região G derivado de rocha pelítica. Os baixos teores de As e Cd podem indicar também ausência de entrada antropogênica de As e Cd nos solos das sub-regiões avaliadas do Cerrado brasileiro.

## CONCLUSÕES

1. Os teores médios de As e Cd nas amostras dos solos estudados decresce na seguinte ordem das sub-regiões: G - leste de Goiás > T - Triângulo Mineiro > N - nordeste de MG.

2. Os menores teores de As e Cd foram obtidos para o solo RQ da sub-região N, em razão dos atributos associados à natureza psamática quartzosa (diluidora e com baixa capacidade de adsorção) desse sistema pedológico.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

**Quadro 3. Teores médios de As e Cd para as sub-regiões G (leste de Goiás), T (Triângulo Mineiro) e N (nordeste de MG)**

Sub-regiões	As	Cd
	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
G	3,29 A	2,45 A
T	2,18 B	1,88 A
N	0,62 C	1,16 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a testes F e t, nível mínimo de significância a 5 %.

**Quadro 4. Teores médios de As e Cd dos solos das três sub-regiões avaliadas (G - leste de Goiás, T - Triângulo Mineiro e N - nordeste de MG)**

Classe de solo	As	Cd
	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
	Sub-região G	
CXbd	2,75 B	7,00 A
LAW	2,95 B	1,58 B
LVw	2,22 B	1,97 B
LVd	2,75 B	2,29 B
FFc	7,76 A	1,78 B
	Sub-região N	
LAd	1,37 A	1,45 A
LVAd	0,55 ABC	1,14 A
LVd1	0,45 BC	1,65 A
LVd2	1,03 AB	0,92 A
RQo	0,28 C	0,90 A
	Sub-região T	
LVAd	3,79 A	1,27 B
LVd1	1,46 BC	1,39 B
LVd2	0,87 C	1,47 B
LVdf1	3,51 AB	3,32 A
LVdf2	1,68 ABC	4,05 A

As comparações entre classes de solos dentro de cada sub-região foram testadas por meio dos testes F e t ( $p<0,05$ ), sendo que médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si.

## LITERATURA CITADA

- ALBANESE, S.; DE VIVO, B.; LIMA, A. & CICCHELLA, D. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). *J. Geochem. Explor.*, 93:21-34, 2007.
- ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. New York, John Wiley & Sons, 1990a. 339p.
- ALLOWAY, B.J. The origin of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J., ed. Heavy metals in soils. New York, J. Wiley & Sons, 1990b. p.29-39.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for the examination of water and waster. 17ed. Washington, 1989. 1215p.
- ATSDR. 2007 CERCLA priority list of hazardous substances. Agency for Toxic Substances and Disease Control. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/clist.html>>. Acesso em Jan. 2008.
- BONNET, B.R.P.; FERREIRA, L.G. & LOBO, F.C. Sistema de reserva legal extra-propriedade no bioma cerrado: Uma análise preliminar no contexto da bacia hidrográfica. *R. Bras. Cartogr.*, 58:129-137, 2006.
- CAMPOS, M.L.; PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. & CURI, N. Baseline concentration of heavy metals in brazilian Latosols. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 34:547-557, 2003.
- CAMPOS, M.L.; GUILHERME, R.L.G.; LOPES, R.S.; ANTUNES, A.S.; MARQUES, J.J.G.S.M. & CURI, N. Teor e capacidade máxima de adsorção de arsênio em Latossolos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1311-1318, 2007.
- CHEN, M.; MA, L.Q. & HARRIS, W.G. Baseline concentrations 15 trace elements in Florida surface soils. *J. Environ. Qual.*, 28:1173-1181, 1999.
- CHEN, M.; MA, L.Q.; HOOGEWEG, C.G. & HARRI, W.G. Arsenic background concentrations in Florida, U.S.A. Surface soils: Determination and interpretation. *Environ. Forensics*, 2:117-126, 2001.
- CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brasil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:153-158, 1987.
- DÉPORTES, I.; BENOIT-GUYOD, J.L. & ZMIROU, D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: A review. *Sci. Total Environ.*, 172:197-222, 1995.
- FITZ, W.J. & WENZEL, W.W. Arsenic transformations in soil-rhizosphere-plant system: Fundamentals and potential application to phytoremediation. *J. Biotechnol.*, 99:259-278, 2002.
- GOMES, J.B.V.; CURI, N.; SCHULZE, D.G.; MARQUES, G.S.M.; KER, J.C. & MOTTA, P.E.F. Mineralogia, morfologia e análise microscópica de solos do bioma Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:679-694, 2004.
- GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; PIERANGELI, M.A.P.; ZULIANE, D.Q.; CAMPOS, M.L. & MARCHI, G. Elementos-Traço em solos e sistemas aquáticos. In: ALVES, A.G.C. & MARQUES, J.G.W., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.345-390.
- LITTEL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. & SCHABENBERGER, O. SAS® for Mixed Models. 2.ed. Cary, 2006. 834p.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. & MERTZMAN, S.A. Major element geochemistry and geomorphic relationships in brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 119:179-195, 2004a.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. & MERTZMAN, S.A. Trace element geochemistry in brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121:31-43, 2004b.
- MCBRIDE, M.B. Environmental chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.
- NIEDZIELSKI, P.; SIEPAK, M. & SIEPAK, J. Comparison of modifiers for determination of arsenic, antimony and selenium by atomic absorption spectrometry with atomization in graphite tube or hydride generation and in-situ preconcentration in graphite tube. *Microchem. J.*, 72:137-1445, 2002.
- PAYE, H.S.; MELLO, J.W.V.; ABRAHÃO, W.A.P.; FERNANDES FILHO, E.I.; DIAS, L.C.P.; CASTRO, M.L.O.; MELO, S.B. & FRANÇA, M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:2041-2051, 2010.
- RICE, K.C. Trace-element concentrations in streambed sediment across the conterminous United States. *Environ. Sci. Technol.*, 33:2499-2504, 1999.
- RUCANDIO, M.I. & PETIT, M.D. Determination of cadmium in coal fly ash, soil and sediment samples by GFAAS with evaluation of different matrix modifiers. *J. Anal. Chem.*, 364: 541-548, 1999.
- SAS Institute Inc® 2003 SAS Ver. 9.1 3 Cary, 2003.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HIDRICOS - SEMARH. Texto final das Conferências Estaduais de Meio Ambiente. Tema IV: Gestão Territorial e Política Florestal. Pirenópolis, Goiás, 2005. 9p.
- SMEDLEY, P.L. & KINNIBURGH, D.G. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem.*, 17:517-568, 2002.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. & DICKEY, D.A. Principles and procedures of statistics - a biometrical approach. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1997. 666p.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Method 3051A: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils; test methods for evaluating solid waste, Physical/Chemical Methods; Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, 1998. p.1-20.
- ZAKHAROVA, T.; TATÀNO, F. & MENSHEKOV, V. Health cancer risk assessment for arsenic exposure in potentially contaminated areas by plants fertilizer: A possible regulatory approach applied to a case study in Moscow Region-Russia. *Reg. Toxicol. Pharmacol.*, 36:22-23, 2002.