



Qualidade dos Solos em Quatro Regiões de Minas Gerais⁽¹⁾.

Marcus Manoel Fernandes⁽²⁾; Valéria Lúcia de Oliveira Freitas⁽³⁾; Luiz Otávio Martins Cruz⁽⁴⁾; Cíntia Guimarães dos Santos⁽⁴⁾; Pedro Fialho Cordeiro⁽⁵⁾; Mariana d'Ávila Fonseca Paiva de Paula Freitas⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.

⁽²⁾ Pesquisador; Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG – Campus CETEC; Belo Horizonte, Minas Gerais; mafernandes@fiemg.com.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG – Campus CETEC; ⁽⁴⁾ Analista Ambiental; Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM; ⁽⁵⁾ Analista de Tecnologia; Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG – Campus CETEC.

RESUMO: O estudo permitiu avaliar a qualidade dos solos quanto à fertilidade, metais e compostos orgânicos, nas regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Sul de Minas e Zona da Mata, nas classes Latossolos, Argissolos, Cambissolos, e Neossolos (1º nível categórico - ordens), e nas culturas café, milho, batata inglesa e tomate. Foram coletadas 192 amostras de solos e analisados diversos parâmetros químicos. No que tange à fertilidade, a maioria das amostras são eutróficas. Solos distróficos ocorrem de forma pontual nas regiões amostradas. Quanto aos metais, observam-se concentrações de Ba, Co, Cr, Ni, Pb, V e Zn acima dos Valores de Referência de Qualidade-VRQ (DN COPAM 166/2011), em todas as regiões amostradas. Resultados acima do VRQ para Cu sobressaem-se no Alto Paranaíba. Para o Hg, ocorrem concentrações acima do VRQ principalmente no Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Zona da Mata. No caso do As, B e Sb, os resultados superiores ao VRQ foram mais comuns no Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro. Para o Se, houve uma predominância de valores acima do VRQ na Zona da Mata. Como a ocorrência de determinada concentração de metal superior ao VRQ pode estar relacionada a fatores tanto naturais como antrópicos, é importante a continuação das pesquisas visando conclusões mais precisas, notadamente estudos da mineralogia dos solos e geoquímica das rochas. Quanto às determinações analíticas dos compostos orgânicos, todas as amostras apresentaram resultados abaixo dos Valores de Investigação para o cenário agrícola – VI Agr. (DN COPAM 166/2011).

Termos de indexação: fertilidade, metais, compostos orgânicos.

INTRODUÇÃO

A Resolução CONAMA 420/2009 institui que os Valores Orientadores de Qualidade do Solo serão estabelecidos pelos órgãos ambientais

competentes dos Estados e do Distrito Federal até dezembro de 2014. Nesse contexto, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM coordenou o projeto Determinação de Valores de Referência para Elementos-Traço em Solos do Estado de Minas Gerais - Solos de Minas (FEAM/CETEC/UFV/UFLA, 2010), no qual determinou a concentração dos Valores de Referência de Qualidade-VRQ para substâncias inorgânicas (metais) em solos com o mínimo de interferência antrópica.

Dando continuidade ao projeto Solos de Minas, foi executado o projeto Avaliação da Qualidade do Solo em Áreas Agrícolas no Estado de Minas Gerais (FEAM/SENAI). Esse estudo teve por objetivo determinar a fertilidade, os metais e os compostos orgânicos presentes nos solos e os resultados comparados com a lista de Valores Orientadores (DN COPAM 166/2011). Para tanto, foram selecionadas regiões, solos e culturas do estado de Minas Gerais.

Ressalta-se que o VRQ é a concentração de determinada substância no solo, que o define como limpo. Antes de afirmar que um solo cultivado está contaminado é necessário avaliar as concentrações dos elementos em função dos Valores de Prevenção-VP e dos Valores de Investigação-VI para o cenário agrícola, cujas grandezas são superiores aos VRQ (DN COPAM 166/2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

A amostragem de solos foi realizada nas culturas de café, milho, batata inglesa e tomate, nas classes de solos Argissolos, Cambissolos, Latossolos e Neossolos (1º nível categórico – ordens), e nas regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Zona da Mata e Sul de Minas, selecionadas conforme Termo de Referência para Contratação de Serviços Técnicos Especializados para Avaliação da Qualidade do Solo em Áreas Agrícolas no Estado de Minas Gerais.



As campanhas de campo ocorreram no período de janeiro a junho/2013, sendo coletadas 48 amostras em cada uma das quatro regiões, totalizando 192 amostras de solos.

Determinações analíticas

Para fins pedológicos, foram determinados matéria orgânica e fertilidade (cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, fósforo e potássio disponíveis, hidrogênio + alumínio trocáveis e pH em água), segundo EMBRAPA (2011).

As análises dos metais Al, Sb, As, B, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V e Zn basearam-se em USEPA SW-846 3051A (USEPA, 2007a), que promove a solubilização ácida parcial da amostra em forno de micro-ondas, utilizando os ácidos nítrico (HNO₃) e clorídrico (HCl) concentrados (FEAM/UFV/UFLA/UFOP/CETEC, 2013).

As determinações dos teores de Ag, Al, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V e Zn foram realizadas em espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplada (ICP-OES). Para a determinação do Sb, empregou-se a espectrometria de massa acoplada a plasma (ICP-MS). As, Hg e Se foram dosados por geração de hidretos, utilizando separador gás-líquido acoplado a ICP (HG-ICP/OES) ou a Absorção Atômica (AAS-HG).

A concentração dos compostos orgânicos (fenol; 2-clorofenol; cresóis; 2,4-diclorofenol; 3,4-diclorofenol; 2,4,5-triclorofenol; 2,4,6-triclorofenol; 2,3,4,5-tetraclorofenol; 2,3,4,6-tetraclorofenol; pentaclorofenol-PCP; HCH-beta; HCH-gama (Lindano); Aldrin; Dieldrin; Endrin; DDT, DDD e DDE) na matriz solo foi determinada por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG-MS), conforme EPA 8270D (USEPA, 2007b).

Para a interpretação dos dados foram utilizadas técnicas de estatística descritiva e multivariada, presentes no *software* Statistica 7.0, a partir de gráficos *boxplot*. Esses gráficos permitem avaliar a simetria dos dados, sua dispersão e a existência ou não de *outliers*. Salienta-se que na análise estatística foi considerado o percentil 75.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do ponto de vista da fertilidade, como as coletas ocorreram em áreas de plantio, quase sempre adubadas, a maioria das amostras são eutróficas (V ≥ 50%). Nesses casos, por se tratar de solos férteis, os valores de alumínio trocável são sempre baixos. Solos distróficos (baixa saturação de bases, valores inferiores a 50%) ocorrem de forma pontual nas quatro regiões amostradas, totalizando-se 46 amostras (6-Alto Paranaíba, 10-Triângulo Mineiro, 13-Sul de Minas, 17-Zona da Mata).

No tocante à matéria orgânica, sobressaem-se níveis médios e altos. Somente cinco amostras apresentam valores baixos, sendo duas na região do Triângulo Mineiro e três no Sul de Minas.

A partir das avaliações *boxplots* (Figura 1), observam-se concentrações de Ba, Co, Cr, Ni, Pb, V e Zn acima dos VRQ, em todas as regiões amostradas. Os resultados para Cu também estão acima do VRQ nas quatro áreas amostradas, mas sobressaem-se no Alto Paranaíba. Para o Hg, ocorrem concentrações acima do VRQ principalmente no Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Zona da Mata. No caso do As, B e Sb, os resultados acima dos VRQ são mais comuns no Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro. Para o Se, houve uma predominância de valores acima do VRQ na Zona da Mata.

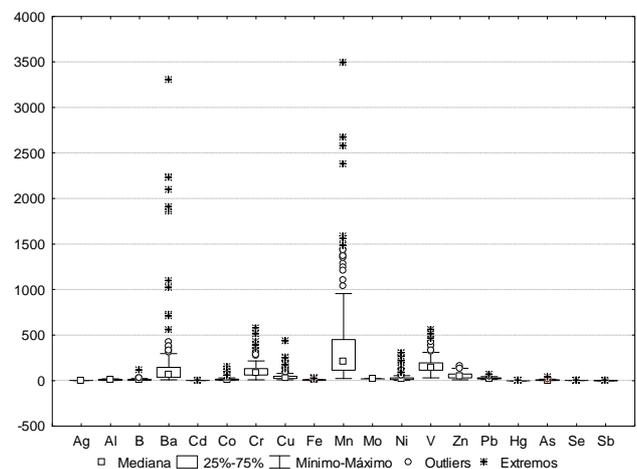


Figura 1 – Comportamento dos metais Al, Sb, As, B, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V e Zn, considerando 192 amostras.

A ocorrência de determinada concentração de metal superior ao VRQ pode estar relacionada a fatores naturais (geológicos) ou antrópicos (agricultura, indústria, mineração etc.). Considerando o fator geológico, foi realizada uma análise preliminar dos metais com valores acima do VRQ em função das litologias ocorrentes nas quatro regiões estudadas.

Para o bário, cujos valores acima do VRQ ocorrem nas quatro áreas, destacam-se os níveis mais elevados no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Na região do Alto Paranaíba, esse fato pode referir-se à presença do mineral barita, um dos constituintes dos carbonatitos do Grupo Araxá.

Comparando as médias dos resultados entre o Projeto Solos de Minas (FEAM/CETEC/UFV/UFLA, 2010), áreas não antropizadas, e o presente estudo, áreas agrícolas (Tabela 1), observa-se que o bário foi o elemento que apresentou resultados mais discrepantes entre os dois trabalhos, sobretudo



nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em que a média nas áreas agrícolas superou quase cinco vezes a média do Projeto Solos de Minas.

No caso do antimônio, as concentrações acima do VRQ ocorrem no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Certamente os valores elevados se relacionam às unidades geológicas regionais. Normalmente a concentração de antimônio no solo está associada ao material de origem. São relatadas na literatura concentrações médias na ordem de 0,1-0,2mg/Kg para rochas básicas e 0,2mg/Kg para rochas intermediárias e ácidas. Rochas ígneas contêm em média 0,2mg/Kg, xistos 1,0-2,0mg/kg, calcários e arenitos em torno de 0,2mg/Kg (Alloway, 1995).

Em relação ao arsênio, em solos não contaminados, a concentração total do elemento raramente excede 10mg/Kg. Comparando as médias apresentadas na **Tabela 1**, observa-se que os valores encontrados estão dentro desse limite.

Os teores médios de cobalto nos diferentes tipos de rochas variam bastante, cabendo destacar os níveis tipicamente baixos apresentados nos granitos e arenitos.

Para o elemento cromo, a literatura relata que os teores médios encontrados nas rochas variam de 10mg/Kg (granitos, granodioritos), 35mg/Kg (arenitos, quartzitos) e 100mg/Kg (argilitos e xistos). Comparando esses valores médios com a **Tabela 1**, as determinações analíticas apresentam resultados superiores nas regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Zona da Mata. Nesse caso, estudos da mineralogia dos solos e geoquímica das rochas devem ser realizados visando conclusões mais precisas.

Semelhante ao Cr, o Ni apresenta teores médios de 70,0mg/Kg nos argilitos e xistos. É provável que os teores médios desse metal, encontrados nos trabalhos e acima do VRQ (21,5mg/Kg), estejam relacionados à ocorrência desses litotipos.

Ao analisar os resultados encontrados para o chumbo e zinco, valores acima do VRQ (19,5mg/Kg e 46,5mg/Kg, respectivamente) ocorrem em todas as quatro regiões amostradas. Nesse caso, vale ressaltar que teores naturais mais elevados de chumbo são apresentados por alguns litotipos como argilitos, xistos, granitos e granodioritos (Ribeiro, 2006). Novamente, estudos da mineralogia dos solos e geoquímica das rochas devem ser realizados visando conclusões mais precisas.

Outro elemento que chama atenção é o selênio, cujos resultados acima do VRQ localizam-se quase exclusivamente na Zona da Mata. É possível que as elevadas concentrações sejam de origem antrópica. Contudo, quando da elaboração dos VRQ, os resultados demonstraram que, para

vários metais, mesmo em áreas não antropizadas, as concentrações em pontos específicos excedem os limites admissíveis para solos (CETESB, 2001).

Destaca-se que os elementos-traço sempre estarão presentes em solos, sedimentos e sistemas aquáticos (Guilherme *et al.*, 2005). Esses elementos podem ser adicionados ao solo de forma natural (intemperismo de rochas e minerais, emissões vulcânicas etc) ou antrópicas (aterros sanitários; atividades industriais e de mineração; aplicações de corretivos, de fertilizantes e de pesticidas; resíduos orgânicos provenientes das cidades, indústrias e áreas agrícolas; entre outros (Marchi *et al.*, 2009)).

Quanto aos compostos orgânicos, as determinações analíticas realizadas nas 192 amostras de solos apresentam resultados abaixo dos Valores de Investigação para o cenário agrícola – VI Agr. (DN COPAM 166/2011).

CONCLUSÕES

Essa etapa dos trabalhos contemplou quatro regiões do estado de Minas Gerais com a avaliação de 192 amostras de solos quanto à fertilidade, metais e compostos orgânicos. Está prevista a continuação dos trabalhos visando contemplar todo o território mineiro.

As inúmeras determinações analíticas realizadas resultam em um importante banco de dados para o Estado.

O conhecimento gerado subsidiará as ações de planejamento e gestão da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional, 1995. 368 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2001. 232 p.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – DN COPAM 166/2011. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais Nº 166, de 29 de junho de 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo/Guilherme Kangussú Donagema ... {et



al.}. 2 ed. - Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE/UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO/FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – FEAM/UFV/UFLA/UFOP/CETEC. Manual de Procedimentos Analíticos para determinação de VRQ de elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais / Olgueta G. F. Rocha; Juscimar Silva; Jaime W. V. Mello; Walter A. P. Abrahão. Belo Horizonte, MG: FEAM/UFV/UFLA/UFOP/CETEC, 2013. 23 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE/FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS – FEAM/CETEC/UFV/UFLA. Determinação de Valores de Referência para Elementos-traço em Solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: FEAM/CETEC/UFV/UFLA, 2010.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L. & MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas

aquáticos. Tópicos em Ciência do Solo, v. 4, 2005. p. 345-390.

MARCHI, G.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, A. S. & GONÇALVES, V. C. Elementos-traço e sua Relação com Qualidade e Inocuidade de Fertilizantes, Corretivos Agrícolas e Resíduos Orgânicos no Brasil. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, Documentos 252, 2009. 45 p.

RIBEIRO C. M. C. M. Comportamento Geoquímico dos Elementos. 2006. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7381/4/4-Elementos.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. 2007a. Microwave assisted acid digestion of sediments sludge, soils, and oils - EPA SW 846 3051A. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/.../3051a.pdf>>. Acesso em 17 set. 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. 2007b. Semivolatile Organic Compounds by gas chromatography/mass spectrometry – EPA 8270D. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/.../8270d.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2014.

Tabela 1 – Comparação entre as concentrações médias de metais do Projeto Solos de Minas e do presente trabalho, por região amostrada no estado de Minas Gerais.

Região		Al ¹	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	V	Zn	Pb	Hg	As	Se	Sb
Triângulo / Alto Paranaíba	AA ²	10,0	13,3	285,5	1,0	18,7	141,3	57,3	9,6	443,6	38,8	211,1	48,4	23,5	0,1	8,7	0,3	0,5
	SM	8,1	7,5	57,7	1,8	11,3	116,6	78,1	8,6	475,5	30,6	255,7	44,7	10,8	0,1	3,1	0,2	0,3
Sul	AA	8,1	9,9	107,3	1,0	11,8	74,8	33,4	6,3	374,6	21,1	130,1	49,8	26,6	0,0	3,5	0,3	0,1
	SM	6,3	6,0	67,2	0,9	9,4	73,0	35,0	4,8	251,4	15,7	94,6	32,6	14,3	0,1	1,8	0,3	0,2
Mata	AA	9,3	11,0	104,2	1,0	13,8	122,7	58,1	8,1	400,9	23,8	210,0	47,9	20,8	0,1	6,3	0,3	0,4
	SM	7,9	9,7	49,4	1,1	5,1	78,6	58,0	6,0	149,0	20,8	120,3	34,0	17,2	0,4	2,5	1,9	0,5

¹ Al e Fe expressos em %, demais elementos em mg/kg; ² AA – Projeto Áreas Agrícolas (FEAM/SENAI), SM – Projeto Solos de Minas (FEAM/CETEC/UFV/UFLA, 2010).