

BANCO DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

**Análise estatística para determinação de
Valores de Referência de Qualidade do
Estado de Minas Gerais**

© 2015 Fundação Estadual do Meio Ambiente

Governo do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Governador

Sistema Estadual do Meio Ambiente - Sisema

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Semad

Sávio Souza Cruz

Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam

Diogo Melo Franco

Presidente

Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental - DGQA

Liliana Adriana Nappi Mateus

Diretora

Gerência de Qualidade do Solo e Reabilitação de Áreas Degradadas - GESAD

Patrícia Rocha Maciel Fernandes

Gerente

Elaboração

Patrícia Rocha Maciel Fernandes

Roberto Junio Gomes

Cíntia Guimarães dos Santos

1 INTRODUÇÃO

Para a poluição do solo ainda não existe uma abordagem internacional padronizada, como é tratada a questão da poluição do ar e das águas superficiais, em função de sua natureza complexa e variável, sendo o solo superficial um bem econômico de propriedade privada. A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista de valores orientadores que incluem os Valores de Referência de Qualidade – VRQ, Valores de Prevenção – VP e Valores de Investigação - VI.

Os VRQs são estabelecidos levando em consideração as concentrações de substâncias químicas, potencialmente tóxicas, em solos e sedimentos, com base em análises de amostras coletadas e submetidas a ensaios laboratoriais para quantificar a presença dos elementos de interesse. Esses valores servem de referência no trato da questão de monitoramento da qualidade de solos, águas subterrâneas e no controle de áreas contaminadas.

O estabelecimento de uma lista contendo esses valores apresenta-se como uma ferramenta importantíssima para a Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM, no cumprimento da sua missão de prevenir e controlar a poluição para proteção da qualidade dos solos. Esses valores subsidiarão as decisões, não só no que tange a preservação, mas também no controle da poluição nas áreas já contaminadas ou sob suspeita de contaminação.

Para lidar com estas questões, a FEAM criou o “Programa Solos de Minas” que está inserido no Projeto "Valorização e Redução de Resíduos Sólidos", que é um dos 57 Programas Estruturadores do Governo de Minas Gerais. O “Programa Solos de Minas” tem como finalidades básicas propor valores orientadores para solos nos diferentes tipos de solos do Estado de Minas Gerais, promover o cadastro de áreas contaminadas e estabelecer diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas.

Os valores orientadores para solos se dividem em Valores de Referência de Qualidade - VRQ, Valores de Prevenção - VP e Valores de Investigação – VI.

O Valor de Referência de Qualidade – VRQ para os Solos indica o limite de qualidade para um solo considerado limpo, a ser utilizado em ações de prevenção da poluição do solo, das águas subterrâneas e no controle de áreas contaminadas, permitindo o seu gerenciamento. O valor é estabelecido com base em análises físico-químicas dos diversos tipos de solos e tem a função de prover uma orientação quantitativa no processo de avaliação de áreas suspeitas de contaminação e também para a tomada de decisão sobre as ações emergenciais, com vistas à proteção da saúde humana e ao meio ambiente.

O Valor de Prevenção – VP é a concentração de determinada substância no solo, acima da qual podem ocorrer alterações da qualidade do solo quanto às suas funções principais e disciplinar a introdução de substâncias químicas no solo.

O Valor de Investigação – VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana e ao meio ambiente, considerando um cenário de exposição padronizado e são utilizados para desencadear e definir ações de investigação e controle, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

As ações previstas no “Projeto Solos de Minas” estão extrinsecamente interligadas, uma vez que o estabelecimento de diretrizes para o gerenciamento de solos prescinde-se de um cadastro que só pode existir a partir da confirmação da existência de contaminação, que é obtida por meio de estudos complexos e onerosos desenvolvidos na fixação dos valores de referência. A carência destes valores tem sido fator impeditivo para se gerenciar áreas contaminadas, uma vez que elas podem trazer riscos à saúde humana e ao equilíbrio do ecossistema. Atualmente, Minas Gerais tem adotado listas de valores estabelecidas para solos de outros países e de São Paulo, embora características geológicas, climatológicas e de população sejam diferentes.

Em 30 de dezembro de 2009, após seis anos de discussão nas Câmaras Técnicas do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, foi publicada a Resolução CONAMA Nº 420 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas.

Para o estabelecimento dos Valores de Referência de Qualidade, a FEAM celebrou parcerias com as Universidades Federais de Viçosa, Lavras e Ouro Preto e com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, considerando a sua vocação na área das ciências dos solos. Dessa maneira, a extensa área do Estado, foi dividida para atuação e estudo pelas destas instituições.

Todo o conhecimento adquirido ao longo desses quatro anos de trabalho interinstitucional nas etapas de amostragem e procedimentos e métodos analíticos para a determinação dos Valores de Referência de Qualidade foram compilados em dois manuais:

- Manual de Procedimentos Analíticos para determinação de VRQ de elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais.
- Manual de Coleta de Solos para Valores de Referência de Qualidade no Estado de Minas Gerais.
- Manual de Orientação de Reamostragem de Solo por Geoestatística.

Os Manuais têm o objetivo de determinar procedimentos de amostragem e análises químicas de solos, de forma a torná-los padronizados para o Estado de Minas Gerais, possibilitando assim a comparação de resultados de análises de metais e semi metais em áreas minimamente antropizadas.

Este documento tem o objetivo de complementar as informações dos Manuais, apresentando como foi realizada a análise estatística para a determinação dos Valores de Referência de Qualidade para o Estado de Minas Gerais.

2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para realização da análise estatística foram utilizados os dados das 499 amostras de solos coletadas em diferentes regiões do território minério. Desse total, aproximadamente 80% correspondem as classes de solos de maior ocorrência no Estado que são os Latossolos, os Argissolos e os Cambissolos.

As amostras coletadas foram caracterizadas através da análise química e física de rotina e buscou-se quantificar os teores de Ag, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb,

Sb, Se, Sr, V e Zn de cada uma delas. Entretanto, em algumas amostras não foi possível a quantificação de todos elementos em função de erros de leitura causados, entre outros fatores, pela presença de elementos interferentes e limitações relacionadas a manutenção dos aparelhos. O quadro 01 apresenta o quantitativo de dados validos por elemento ao final da analise das 499 amostras.

Quadro 01 - Número de dados válidos por elemento químico.

Elemento	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Ag	Cd
Número de dados válidos	495	495	493	494	484	493	424	499	427
Elemento	Sr	V	Zn	As	Sb	Se	Hg	Mo	-
Número de dados válidos	497	492	496	495	401	405	484	499	-

Dentre os elementos analisados, os teores de Ag, Mo e Cd, de maneira geral, foram inferiores ao limite de quantificação do método, a saber: 0,43 mg kg⁻¹, 0,91 mg kg⁻¹ e 0,36 mg kg⁻¹, respectivamente. Os demais elementos analisados apresentaram ampla variação de teores, evidenciando a influência dos diferentes materiais de origem sobre as características químicas dos solos.

Os valores obtidos foram, de maneira geral, inferiores à média mundial, exceto para V, Cu e Cr que foram mais elevados (Quadro 02). Os menores valores obtidos se devem provavelmente a diferenças entre os métodos adotados, haja vista que os valores reportados na literatura foram obtidos a partir da solubilização completa da amostra e não parcial como é o caso desse trabalho. Com relação aos dados reportados por Marques *et al.* (2002) para solos da região de cerrado do estado de Minas Gerais, os valores obtidos na determinação dos VRQS se apresentam dentro da amplitude de valores encontrados naquele estudo (Quadro 02).

Quadro 02 - Análise comparada dos teores de elementos-traço encontrados na determinação dos VRQs do Estado de Minas Gerais com os encontrados em diferentes regiões do Brasil e do mundo.

Elemento	Análise Estatística					Solos do Mundo ²	Marques et al. (2002) ³	Fadigas et al. (2006) ⁴	CETESB (2001) ⁵
	Média	Mínimo	Máximo	Quartil 75	Percentil 90				
B	8,6	0,9	36,9	12,5	18,6	30	-	-	-
Ba	69,3	0,8	520,1	101,6	175,5	500	67±127	-	75
Co	8,0	0,1	67,6	9,3	23	13	5±6	2	13
Cr	82,8	1,2	580,0	109,1	183,7	65	112±69	43	40
Cu	42,4	0,2	213,4	58,1	97,9	20	33±55	2	35
Ni	21,0	0,4	158,3	25,8	48,6	20	14±13	12	13
Pb	17,1	1,3	76,0	21,8	32	-	-	-	17
Sr	10,7	0,0	89,8	12,2	25,8	-	-	-	-
V	108,1	2,5	586,9	151,2	244,1	90	257±231	12	275
Zn	39,3	1,5	172,1	51,7	80,4	50	38±54	-	60
As	8,6	0,1	220,4	8,4	20,3	-	-	-	3,5
Sb	2,3	0,0	11,3	1,6	8,6	-	-	-	<0,5
Se	5,2	0,1	99,4	1,5	18,2	-	-	-	0,25
Hg	0,1	0,0	8,6	0,1	0,2	-	-	-	0,05

*Os dados do Quadro 02 se referem as 499 amostras, sem exclusão dos outliers. ^{1/} Valores precedido do sinal < indicam o limite de detecção do método analítico utilizado (3σ); ^{2/} Solos do mundo (Kabata-Pendias e Pendias, 2001; Sparks, 1995; Frink, 1996); ^{3/} solos da região do cerrado de Minas Gerais (valores médios ± desvio padrão). ^{4/} teores médios para os solos Brasileiros. ^{5/} teores encontrados para o Estado de São Paulo.

Os valores correspondentes ao quartil 75% (Q-75) da distribuição da frequência dos dados se mostraram bastante variável quando comparados aos dados de Fadigas *et al.* (2006) e CETESB (2001) (Quadro 02). Em todos os casos, os valores do Q-75 observados nesse trabalho foram superiores aos apresentados por Fadigas *et al.* (2006). Considerando as diversas classes de solos utilizados por esses autores, as quais se assemelham aos observados no Estado de Minas Gerais, era de se esperar valores menos discrepantes. Diferenças na distribuição vertical das amostras utilizadas e, principalmente, entre os métodos de análise adotados, podem explicar a diferença observada. Fadigas *et al.* (2006) trabalharam com amostras de horizontes superficiais e subsuperficiais e de um total de 256 amostras, cerca de 60% foram coletadas em subsuperfície.

Os valores de Q-75 observados para Ba ($110,48 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($2,55 \text{ mg kg}^{-1}$), Cu ($72,19 \text{ mg kg}^{-1}$), Cr ($90,60 \text{ mg kg}^{-1}$) e Ni ($21,84 \text{ mg kg}^{-1}$) foram maiores que os observados por CETESB (2001) para o Estado de São Paulo. Estes resultados conflitam com o que era esperado baseando-se na litologia destes Estados. Os solos do Estado de São Paulo se desenvolveram, predominantemente, do Basalto, rocha que apresenta teores elevados de Cd, Cu, Cr e Ni, enquanto que no Estado de Minas ocorre uma participação significativa de rochas ácidas granito-gnáissicas e calcários que são naturalmente mais pobres nesse elemento. Entretanto, esta discrepância pode estar relacionada a representatividade dos dados, uma vez que os dados do Estado de São Paulo foram obtidos de universo de amostragem menor.

Para a elaboração da minuta de Deliberação Normativa para estabelecimento dos Valores de Referência de Qualidade dos Solos foi instituído um Grupo Multidisciplinar de Trabalho – GT por meio da Resolução SEMAD nº 1.171, de 30 de junho de 2010. O GT foi coordenado pela FEAM e contou com a participação de diversos setores interessados – FIEMG, SINDIEXTRA, Minaspetro, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Universidade Federal de Lavras - UFLA e Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, além dos órgãos públicos Secretaria Estadual de Saúde - SES, Instituto Mineiro de gestão das Águas - IGAM, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Os trabalhos do GT foram desenvolvidos no segundo semestre de 2010.

A análise estatística dos dados foi realizada com base nos critérios estabelecidos no Anexo 01 da Resolução CONAMA 420/2009, conforme apresentado a seguir:

- Cada estado poderá estabelecer, por substância, um único VRQ ou um VRQ para cada tipo de solo.
- O VRQ de cada substância poderá ser estabelecido com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente as anomalias. O referido VRQ será determinado utilizando tratamento estatístico aplicável e em conformidade com a concepção do plano de amostragem e com o conjunto amostral obtido.

- As anomalias deverão ser avaliadas em estudos específicos e interpretadas estatisticamente.
- Para as determinações das substâncias químicas em que todos os resultados analíticos forem menores do que o limite de quantificação praticável (LQP) do respectivo método analítico, eleger “< LQP” como sendo o VRQ da substância e excluí-las dos demais procedimentos de interpretação estatística.
- Para interpretação estatística das substâncias químicas em que parte dos resultados analíticos forem menores que o limite de quantificação praticável (LQP), considerar como resultado na matriz de dados o valor LQP/2.
- Para as substâncias que apresentarem mais do que 60% de resultados superiores ao limite de quantificação, a definição de agrupamento de tipos de solo deverá ser realizada com base em teste estatístico que comprove semelhança entre os grupos amostrais.
- Para estabelecimento do VRQ de cada substância, avaliar a necessidade de se excluir da matriz de dados os resultados discrepantes (outliers), identificados por métodos estatísticos.
- As substâncias cujo percentil selecionado for igual ao LQP/2, adotar “< LQP” como sendo o VRQ da substância.

Não obstante, visando avaliar a necessidade da adoção de um ou mais Valores de Referência de Qualidade para o Estado de Minas Gerais, realizou-se a análise estatística de componentes principais. Esta análise demonstrou agrupamento diferenciado para as amostras coletadas no Quadrilátero Ferrífero e Triângulo Mineiro em comparação com as amostras das demais regiões do Estado (Figura 1).

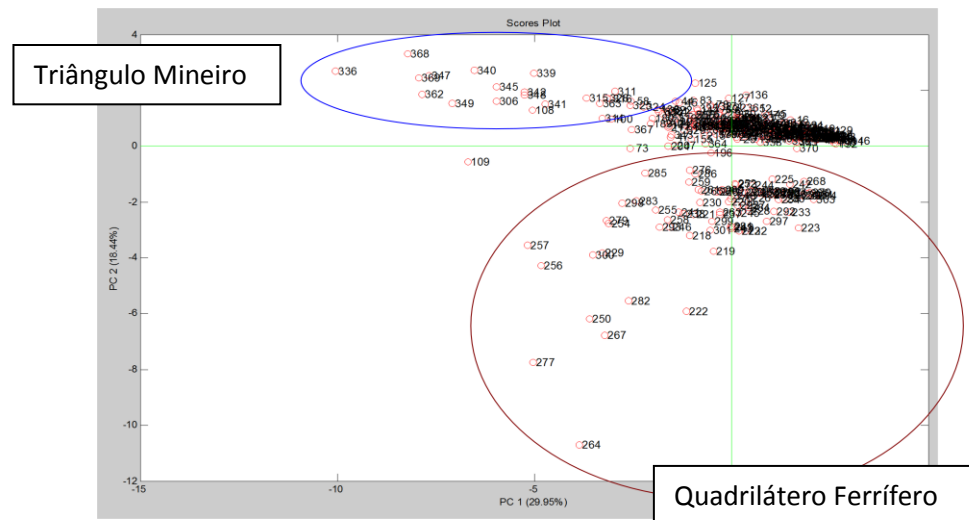


Figura 1 - Distribuição dos pontos com base na análise de componentes principais.

Com base nestes resultados foram realizadas duas simulações, a primeira dividindo-se o Estado para obtenção de valores específicos por região e a segunda com um valor único para o Estado.

Para todas as simulações foram realizadas análises estatísticas com e sem a retirada de valores discrepantes (*outliers*) a partir de gráficos tipo “*box-plot*” para o quartil superior (Q75) e o percentil 90 (P90), conforme estipulado na Resolução CONAMA 420/2009.

Primeira Simulação – VRQs regionais para o Estado

O Estado foi dividido em três regiões para fins de cálculo:

- Quadrilátero Ferrífero.
- Triângulo Mineiro.
- Demais regiões.

Pode-se observar que nas simulações para o Quadrilátero Ferrífero e Triângulo Mineiro, diversos elementos ficaram acima dos Valores de Prevenção e Investigação estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2009 (Quadros 03 a 05).

Em relação ao Quadrilátero Ferrífero, os elementos cromo, arsênio, antimônio e mercúrio apresentaram seus teores acima do Valor de Investigação quando se utilizou o P90 como referência para determinação do VRQ. Baseando-se no Q75, os elementos níquel, selênio, cromo ficam acima dos Valores de Prevenção da CONAMA 420/2009.

No Triângulo Mineiro o elemento cromo apresentou valores acima do Valor de Investigação enquanto o cobre e o níquel apresentaram valores acima do Valor de Prevenção independente do parâmetro de base do cálculo, Q75 ou P90.

Na simulação para as demais regiões do Estado, apenas os teores dos elementos bário, cromo, cobre, níquel ficaram acima dos Valores de Prevenção quando se utiliza o P90.

Quadro 03 - Distribuição dos teores dos elementos-traço nos solos do Quadrilátero Ferrífero (mg kg^{-1}).

Análise Estatística	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn	As	Sb	Se	Hg	Cd	Ag	Mo
Média (com outlier)	10,8	78,9	10,1	133,1	26,4	35,2	18,7	8,8	75,8	57,4	53,4	8,6	35,5	8,1	-	-	-
Mediana (com outlier)	5,9	38,9	2,0	63,5	20,0	16,9	15,1	4,8	60,9	54,2	12,4	8,6	18,2	0,0	-	-	-
Média (sem outlier)	10,8	64,3	9,3	98,5	24,5	30,5	16,4	7,4	72,8	55,1	36,8	8,6	27,3	2,6	-	-	-
Mediana (sem outlier)	6,1	39,1	2,0	62,9	19,8	16,9	15,1	4,8	60,7	53,6	10,7	8,6	18,2	0,0	-	-	-
Q75 com outlier	14,4	84,8	9,1	134,7	35,1	40,7	15,1	9,9	90,1	73,9	30,6	<17,2	<36,5	<0,024	<0,52	<1,53	<6,34
Q75 sem outlier	13,5	65,3	5,4	109,2	32,4	34,7	9,5	8,3	83,8	69,7	22,4	<17,2	<36,5	-	-	-	-
P90 com outlier	26,3	138,0	28,7	239,2	63,4	78,4	31,2	17,3	180,8	95,4	63,9	<17,2	24,7	13,4	-	-	-
P90 sem outlier	21,8	100,3	9,5	177,6	47,2	53,4	10,9	12,1	99,4	83,7	42,3	<17,2	18,2	0,0	-	-	-
VP CONAMA	-	150,0	25,0	75,0	60,0	30,0	72,0	-	-	300,0	15,0	2,0	5,0	0,5	1,3	2,0	30,0
VI CONAMA	-	300,0	35,0	150,0	200,0	70,0	180,0	-	-	450,0	35,0	5,0	-	12,0	3,0	25,0	50,0

Legenda: Acima do Valor de Prevenção CONAMA 420/2009; Acima do Valor de Investigação CONAMA 420/2009.

Quadro 4 - Distribuição dos teores dos elementos-traço nos solos do Triângulo Mineiro (mg kg⁻¹).

Análise Estatística	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn	As	Sb	Se	Hg	Cd	Ag	Mo
Média (com outlier)	10,9	102,0	11,7	130,1	90,8	29,1	16,4	36,5	240,2	46,3	6,5	0,5	0,3	0,1	-	-	-
Mediana (com outlier)	5,3	43,7	3,2	111,6	63,1	21,1	15,4	11,2	207,6	31,0	2,4	0,2	0,2	0,0	-	-	-
Média (sem outlier)	10,9	78,7	10,6	130,1	90,8	27,1	16,4	32,4	240,2	46,3	6,5	0,5	0,3	0,1	-	-	-
Mediana (sem outlier)	5,3	43,4	3,1	111,6	63,1	21,0	15,4	11,0	207,6	31,0	2,4	0,2	0,2	0,0	-	-	-
Q75 com outlier	16,8	115,5	10,5	164,1	123,4	34,9	20,8	52,2	320,6	61,5	9,1	1,0	0,3	0,1	<0,36	<0,43	<0,91
Q75 sem outlier	16,7	105,4	4,9	156,8	106,1	32,4	19,5	31,4	316,5	48,7	5,9	1,0	0,3	0,0	-	-	-
P90 com outlier	26,8	175,8	33,5	241,6	223,7	60,2	30,8	101,1	546,6	107,3	17,8	1,2	0,5	0,3	-	-	-
P90 sem outlier	26,3	154,1	11,0	204,5	179,0	53,0	26,9	71,6	534,0	85,5	12,7	1,2	0,4	0,0	-	-	-
VP CONAMA	-	150,0	25,0	75,0	60,0	30,0	72,0	-	-	300,0	15,0	2,0	5,0	0,5	1,3	2,0	30,0
VI CONAMA	-	300,0	35,0	150,0	200,0	70,0	180,0	-	-	450,0	35,0	5,0	-	12,0	3,0	25,0	50,0

Legenda: Acima do Valor de Prevenção CONAMA 420/2009; Acima do Valor de Investigação CONAMA 420/2009.

Quadro 05 - Distribuição dos teores dos elementos-traço nos solos das demais regiões do Estado de Minas Gerais, excluindo o Quadrilátero Ferrífero e o Triângulo Mineiro (mg kg⁻¹).

Análise Estatística	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn	As	Sb	Se	Hg	Cd	Ag	Mo
Média (com outlier)	8,0	74,3	7,2	78,3	42,8	19,9	18,9	10,3	79,6	33,5	4,2	0,3	0,4	0,1	-	-	-
Mediana (com outlier)	6,9	48,3	3,3	45,7	36,7	12,1	16,2	5,5	59,6	26,3	2,4	0,1	0,3	0,0	-	-	-
Média (sem outlier)	7,9	71,2	6,3	57,4	41,5	15,8	18,0	9,0	77,5	31,9	3,9	0,3	0,4	0,1	-	-	-
Mediana (sem outlier)	6,8	48,0	3,2	45,3	36,6	12,1	16,1	5,4	59,5	26,2	2,4	0,1	0,3	0,0	-	-	-
Q75 com outlier	11,3	104,3	8,1	73,0	55,1	20,4	22,7	11,6	107,5	40,6	5,3	0,5	0,6	0,1	<0,36	<0,43	<0,91
Q75 sem outlier	11,1	96,3	6,3	66,1	50,9	18,5	21,8	9,1	100,4	38,1	4,8	0,4	0,5	0,0	-	-	-
P90 com outlier	15,7	174,5	16,2	117,1	81,5	32,9	32,2	22,2	163,3	60,9	9,3	0,8	0,9	0,3	-	-	-
P90 sem outlier	14,9	146,3	12,6	101,2	72,3	26,0	27,4	16,3	147,2	51,6	7,5	0,7	0,8	0,1	-	-	-
VP CONAMA	-	150,0	25,0	75,0	60,0	30,0	72,0	-	-	300,0	15,0	2,0	5,0	0,5	1,3	2,0	30,0
VI CONAMA	-	300,0	35,0	150,0	200,0	70,0	180,0	-	-	450,0	35,0	5,0	-	12,0	3,0	25,0	50,0

Legenda: Acima do Valor de Prevenção CONAMA 420/2009; Acima do Valor de Investigação CONAMA 420/2009.

Segunda Simulação – VRQ único para o Estado

Na simulação envolvendo todos os dados, o cromo foi o único elemento analisado que gerou um VRQ acima dos Valores de Prevenção quando se utilizou o parâmetro Q75. Os elementos bário, cobre, níquel arsênio e selênio geraram um VRQ acima do Valor de Prevenção quando baseou-se os cálculos no P90, sendo que nesta simulação o antimônio apresentou um valor maior ate que o VI (Quadro 06).

Após a apresentação e discussão das simulações no Grupo de Trabalho, o grupo aprovou por consenso estabelecer um Valor de Referência de Qualidade único, definido pelo quartil superior (Q75) dos resultados analíticos obtidos, com a exclusão dos *outliers*.

Mesmo com a utilização do Q75, o elemento cromo permaneceu com o VRQ acima do VP estabelecido na Resolução CONAMA. Dessa maneira, o Grupo de Trabalho optou por estabelecer o VRQ para o cromo igual ao VP, ou seja, 75 mg kg^{-1} .

Quadro 06 - Distribuição dos teores dos elementos-traço nos solos do Estado de Minas Gerais (mg kg⁻¹).

Análise Estatística	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn	As	Sb	Se	Hg	Cd	Ag	Mo
Média (com outlier)	9,0	80,2	9,0	100,7	49,3	24,9	18,5	11,9	115,5	40,6	14,2	2,3	8,8	1,6			
Mediana (com outlier)	6,1	45,1	3,3	59,7	33,5	15,0	15,1	5,7	72,2	30,9	3,6	0,3	0,4	0,0			
Média (sem outlier)	8,2	73,6	8,1	95,6	46,1	22,7	17,6	11,1	108,3	37,2	13,7	2,3	8,8	1,7			
Mediana (sem outlier)	5,6	43,5	3,0	58,2	32,3	14,0	15,1	5,5	70,7	30,1	3,2	0,3	0,4	0,0			
Q75 com outlier	12,5	101,6	9,3	109,1	58,1	25,8	21,8	12,2	151,2	51,7	8,4	1,6	1,5	0,1	<0,36	<0,43	<0,91
Q75 sem outlier	11,5	92,8	6,1	98,4	49,8	21,5	19,4	9,5	128,5	46,3	8,0	0,5	0,5	0,0			
P90 com outlier	18,6	175,5	23,0	183,7	97,9	48,6	32,0	25,8	244,1	80,4	20,3	8,6	18,2	0,2			
P90 sem outlier	16,6	142,5	11,5	144,6	79,2	33,5	25,7	16,9	205,4	67,7	10,4	0,9	0,9	0,1			
VP CONAMA	-	150,0	25,0	75,0	60,0	30,0	72,0	-	-	300,0	15,0	2,0	5,0	0,5	1,3	2,0	30,0
VI CONAMA	-	300,0	35,0	150,0	200,0	70,0	180,0	-	-	450,0	35,0	5,0	-	12,0	3,0	25,0	50,0

Legenda: Acima do Valor de Prevenção CONAMA 420/2009; Acima do Valor de Investigação CONAMA 420/2009.

Em 29 de junho de 2011, o COPAM aprovou a Deliberação Normativa COPAM nº 166, que estabelece os Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais, conforme apresentado no quadro 07.

Quadro 07 - Valores de Referência de Qualidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

Substâncias	CAS nº	Valor Orientador					
		Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco)					Água Subterrânea (µg.L ⁻¹)
		Referência de qualidade	Prevenção	Investigação			
Agrícola	Residencial			Industrial	Investigação		
Inorgânicos							
Alumínio	7429-90-5	-	-	-	-	-	3500
Antimônio	7440-36-0	0,5	2	5	10	25	5
Arsênio	7440-38-2	8	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	93	150	300	500	750	700
Boro	7440-42-8	11,5	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	<0,4	1,3	3	8	20	5
Chumbo	7440-43-9	19,5	72	180	300	900	10
Cobalto	7439-92-1	6,0	25	35	65	90	5
Cobre	7440-50-8	49	60	200	400	600	2.000
Cromo	7440-47-3	75	75	150	300	400	50
Ferro	7439-89-6	-	-	-	-	-	2450
Manganês	7439-96-5	-	-	-	-	-	400
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	12	36	70	1
Molibdênio	7439-98-7	<0,9	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	21,5	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	-	-	-	-	-	10.000
Prata	7440-22-4	<0,45	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,5	5	-	-	-	10
Vanádio	7440-62-2	129	-	-	-	-	-
Zinco	7440-66-6	46,5	300	450	1000	2000	1050

A Deliberação Normativa define em seu art. 2º que os Valores de Referência de Qualidade dos Solos estabelecidos nesta deverão ser revistos no prazo de até 5 (cinco) anos, contados a partir da data de sua publicação.

Desta maneira, após a publicação da DN Nº 166/2011, a FEAM iniciou uma nova parceria com a Universidade Federal de Viçosa através do Convênio “Criação e manutenção do Banco de Solos do Estado de Minas Gerais”, com o objetivo principal de validar continuamente e sistematicamente os valores de referência de qualidade dos solos

do Estado de Minas Gerais, bem como subsidiar tecnicamente as intervenções em áreas contaminadas.

Tendo em vista que várias instituições participaram da determinação dos Valores de Referência de Qualidade, a primeira ação do Banco de Solos foi organizar os dados das 499 amostras em um único banco de dados. Foi realizada a correspondência entre as amostras, dados analíticos e de campo e, posteriormente as amostras foram acondicionadas em potes de plástico com tampa, previamente lavados em HNO_3 e NaOH , seguido de lavagens em água corrente e água destilada. Os potes foram rotulados com uma identificação única do Banco de Solos de Minas Gerais, em destaque, e o nome das pessoas envolvidas na amostragem. Todos os dados foram inseridos em um arquivo único em formato Excel para gestão do acervo.

Com a execução da tarefa citada acima, foi observado que diversas amostras estavam em quantidade inferior a 50 mg kg^{-1} , o que foi considerado baixo para manter a representatividade do estoque físico das amostras no Banco. Desta maneira, foi realizada a coleta de solo de 82 amostras, em pontos anteriormente amostrados. Estas amostras foram preparadas, analisadas e incorporadas ao acervo do Banco de Solos.

Não obstante, foi realizada uma segunda fase de coleta de amostras de solos, orientada por análise geoestatística, em localidades que estavam com uma menor representatividade no Estado. Esta nova campanha resultou no incremento de 198 amostras ao Banco de Solos do Estado de Minas Gerais.

Hoje, o banco de dados dos solos do Estado de Minas Gerais possui informações consolidadas de 697 amostras no que tange as características químicas, físicas e geográficas. A figura 2 apresenta a localização das amostras que compõem o Banco de Solos do Estado de Minas Gerais.

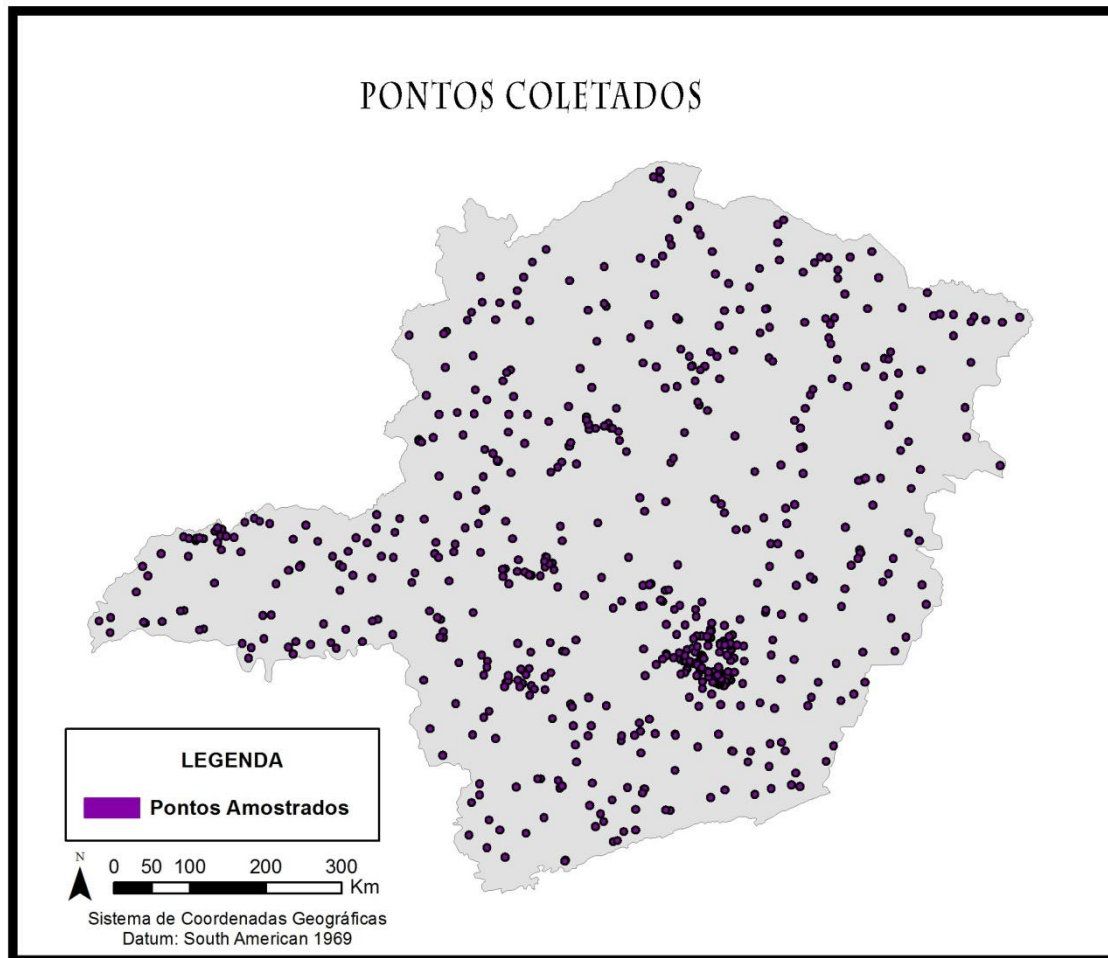


Figura 2 - Localização dos pontos que compõe o Banco de Solos do Estado de Minas Gerais.

A partir deste novo banco de dados, mais robusto, a FEAM pretende revisar seus Valores de Referência de Qualidade, buscando lograr maior confiabilidade e representatividade dos valores, reavaliando se existe a necessidade de regionalização destes valores com base nas características de cada região do Estado.

Desde a publicação da DN N° 166/2011, a FEAM constata a cada dia a importância de uma lista de valores orientadores para fundamentar as suas decisões e auxiliá-la no cumprimento da sua missão de prevenir e controlar a poluição, preservando a qualidade dos solos mineiros.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2001. 247p.

Fadigas, F. S., Amaral Sobrinho, N. M., Mazur, N., Anjos, L. H. C., **Estimation of reference values for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, and zinc in Brazilian soils**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 945-956.

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, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais). **Deliberação Normativa COPAM nº 161, de 29 de junho de 2011**. Revisa e consolida as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais, revoga as Deliberações Normativas COPAM nº 89, de 15 de setembro de 2005, nº 120, de 8 de agosto de 2008, nº 140, de 28 de outubro de 2009, nº 158, de 6 de outubro 2010 e os art. 1º e 2º da Deliberação Normativa COPAM nº 165, de 11 de abril de 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18656>>. Acesso em: 9 jun. 2015.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, nº 249, 30 dez. 2009. p. 81-84.

