

DETERMINAÇÃO DO TEOR TOTAL DE ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS SOB EUCALIPTO NA DEPRESSÃO CENTRAL, RIO GRANDE DO SUL

DETERMINATION OF TOTAL CONTENT OF TRACE ELEMENTS IN SOILS UNDER EUCALYPTUS IN THE CENTRAL DEPRESSION, STATE OF RIO GRANDE DO SUL

Lívia Botelho de Abreu^{1*}, Elias Frank Araújo², Nilton Curi³, João José Marques⁴

RESUMO

Elementos-traço estão presentes naturalmente em solos e o aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas. O objetivo deste estudo foi determinar os teores de elementos-traço em solos do Rio Grande do Sul em áreas sob plantio de eucalipto (*Eucalyptus spp.*). Foram amostrados solos na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul em hortos florestais situados em propriedades particulares, nos Municípios de Guaíba, Butiá, Arroio dos Ratos, Minas do Leão, Eldorado do Sul, Barra do Ribeiro e Tapes para a determinação de As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd e Hg. Estes hortos estão plantados com *E. saligna*, *E. grandis* e *E. globulus* e híbridos dos mesmos. Todos os solos analisados apresentaram teores de elementos-traço muito baixos, ou em função do material de origem ou em função de perdas causadas pela plantação. Foram determinados valores de elementos-traço para solos da região da Depressão Central no Rio Grande do Sul, sob plantio de eucalipto, que poderão ser utilizados para futuros estudos comparativos.

Palavras-chave: concentração total, metal pesado, teores naturais

ABSTRACT

Trace elements are naturally present in soils and the increase in its concentration can occur due to natural processes and by anthropogenic activities. The aim of this study was to determine the natural levels of trace elements in soils of the Central Depression of the State of Rio Grande do Sul under eucalyptus (*Eucalyptus spp.*) plantations. We sampled soils in forest plantations in the municipalities of Guaíba, Butiá, Arroio dos Ratos, Minas do Leão, Eldorado do Sul, Barra do Ribeiro, and Tapes for the determination of As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd and Hg. These forests are stands of *E. saligna*, *E. grandis*, and *E. globulus* and hybrids thereof. All soils analyzed showed low levels of trace elements, or depending on the source material or due to losses caused by planting. Values of trace elements in soils from the Central Depression in the State of Rio Grande do Sul were determined, under eucalyptus plantation, which, at a given time, may be used for comparative studies.

^{1*} Doutoranda em Química, UFMG, Belo Horizonte, MG. Email: botelholivia@yahoo.com.br

² Pesquisador Celulose Rio Grandense. Email: efaraujo@cmpcrs.com.br

³ Professor do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e bolsista do CNPq, Lavras, MG. E-mail: niltcuri@dcs.ufla.br

⁴ Professor do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e bolsista do CNPq, Lavras, MG. E-mail: jmarques@dcs.ufla.br

Keywords: total concentration, heavy metal, natural levels

1. INTRODUÇÃO

Elementos-traço estão presentes naturalmente em solos e o aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas (GUILHERME et al., 2005). A contaminação do solo por elementos traço é hoje um tema bastante discutido devido à presença desses elementos em diversos materiais adicionados ao solo.

Para poder avaliar a contaminação de um local, o procedimento comum é comparar o teor local suspeito de contaminação com teores de elementos-traço da mesma região, considerados como valores de referência. Pode-se também medir o teor de elementos-traço num dado momento e usá-los como referência para estudos posteriores, verificando se houve enriquecimento ao longo do tempo. Por isso, há uma grande necessidade de conhecimento do nível de elementos-traço em solos brasileiros, principalmente para estudos que investigam contaminação ambiental. Valores referência para elementos-traço em solos brasileiros têm sido objeto de estudo de vários trabalhos (CAMPOS et al., 2003; 2007; FADIGAS et al.,

2006; GUILHERME et al., 2005; MARQUES et al., 2004). Entretanto, devido à grande extensão territorial brasileira, à diversidade de solos, de ambientes, climas e litologias, é muito difícil estabelecer teores de referência, de qualidade, de prevenção e intervenção para solos de todo o território brasileiro (ZULIANI, 2006).

O Estado de São Paulo foi pioneiro em adotar valores orientadores para elementos-traço em solos (CETESB, 2005) (Tabela 1). Vários estudos demonstram que muitos solos brasileiros apresentam teores naturais iguais ou acima do valor de referência de qualidade estabelecidos pela CETESB (2005), alguns, inclusive, ultrapassam o valor de prevenção (CAMPOS et al., 2003; FADIGAS et al., 2006; MARQUES et al., 2002). Para o Estado de Minas Gerais, em 2011, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM, 2011), estabeleceu valores orientadores de referência de qualidade para elementos-traço em solos (Tabela 1) e água subterrânea os quais, assim como na CETESB, são divididos em valores de referência de qualidade, de alerta e de intervenção. Os valores de referência de qualidade não são idênticos nos dois estados, pois refletem as particularidades fisiográficas de cada um. Porém, os valores de prevenção são os mesmos em ambos os estados.

Tabela 1. Valores orientadores para elementos-traço em solos no Estado de São Paulo (CETESB, 2005) e de Minas Gerais (COPAM, 2011)

Elemento	CETESB (2005)		COPAM (2011)	
	Referência de qualidade	Prevenção	Referência de qualidade	Prevenção
	mg kg ⁻¹			
Arsênio (As)	3,5	15	8	15
Cádmio (Cd)	<0,5	1,3	<0,4	1,3
Chumbo (Pb)	17	72	19,5	72
Cobre (Cu)	35	60	49	60
Cromo (Cr)	40	75	75	75
Mercúrio (Hg)	0,05	0,5	0,05	0,5
Níquel (Ni)	13	30	21,5	30
Zinco (Zn)	60	300	46,5	300

O Estado do Rio Grande do Sul ainda não dispõe de valores de referência para elementos-traço em solos, em suas condições naturais (FELISBERTO, 2009) tornando difícil o monitoramento da contaminação ambiental. Para os elementos-traço mercúrio e arsênio, entre outros, há grande escassez de informações para os solos desse estado, sendo então, de suma importância a determinação desses elementos nos solos do Rio Grande do Sul. Em um trabalho onde foi estudado o teor de Hg nos solos do Rio Grande do Sul, foi observado que, de forma geral, o teor de Hg determinado foi baixo e que o material de origem e a classe taxonômica do solo influenciam no teor desse elemento (FELISBERTO, 2009).

O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores dos elementos-traço As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb e Zn para solos da Depressão Central do Estado Rio Grande do Sul sob plantio de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) para que tais concentrações sejam comparadas com valores de referência e/ou sejam usadas

para comparações futuras a fim de monitorar se há acúmulo crescente desses elementos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Descrição geral da área

2.1.1 – Localização

O estudo foi conduzido com solos do Estado do Rio Grande do Sul em hortos florestais situados em propriedades particulares, na zona rural dos Municípios de Guaíba, Butiá, Arroio dos Ratos, Minas do Leão, Eldorado do Sul, Barra do Ribeiro e Tapes (Figura 1). Esses hortos estão plantados com *Eucalyptus saligna*, *E. grandis* e *E. globulus* e híbridos dos mesmos. O sistema de manejo adotado no plantio de tais eucaliptos foi o cultivo mínimo, com aplicação a lanço de 3 t/ha de calcário dolomítico na área total antes do plantio. A adubação no plantio foi de 100 g/planta de NPK 06:30:06 e, a adubação de cobertura, foi de 200 kg/ha de NPK 15:05:30. No momento da coleta das amostras de solo, os plantios de eucalipto possuíam idade variando entre 3 e 7 anos.

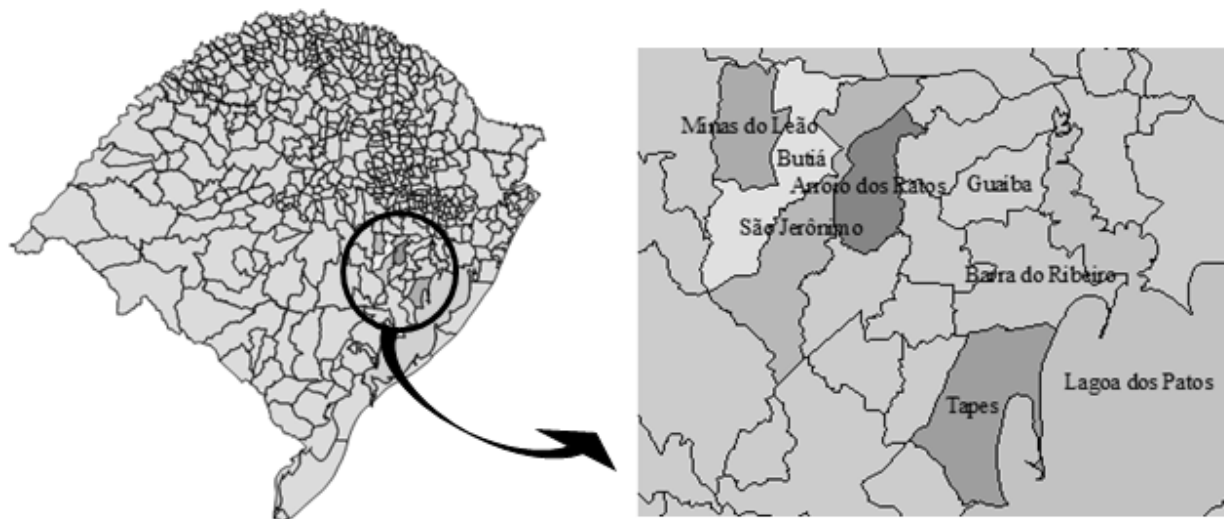


Figura 1. Localização esquemática dos municípios abrangidos na área de estudo

2.1.2 – Solos

Os principais solos encontrados na área de estudo são: Neossolo Quartzarênico,

Gleissolo Melânico, Planossolo Háplico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico (SANTOS & BORTOLAS, 2004), com

amplo domínio dos Argissolos. O material de origem, classificação dos solos e horizontes das amostras estudadas encontram-se na Tabela 2. Selecionaram-se 13 solos representativos da região e dois horizontes em cada solo, conforme descrito na Tabela 2. A coleta das amostras foi realizada conforme procedimentos normatizados por Santos et al. (2005), a partir das informações do relatório e mapa de solos conforme Santos e Bortolas (2004). As amostras foram secas ao ar e, posteriormente, passadas em peneira de plástico de 2 mm de malha. As análises químicas (Tabela 3) foram feitas conforme descrito em Santos & Bortolas (2004). O pH do solo foi medido na suspensão em água na relação 1:2,5. O Potássio, magnésio e cálcio trocáveis foram extraídos do solo com solução Melich-I e determinados em ICP. O alumínio trocável foi extraído com KCl 1 M e titulado com NaOH 0,0125 M utilizando azul de bromotimol como indicador. A acidez potencial (H+Al) foi determinada por meio da extração com solução tamponada de acetato de cálcio 2 M a pH 7,0 e titulada com NaOH 0,0606 M e fenolftaleína como indicador. O carbono orgânico foi determinado por meio da oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido do ácido sulfúrico

e aquecimento e titulado com sulfato ferroso com indicador ferroina.

2.2 – Método de digestão

Utilizou-se o método 3051A da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1998). Inicialmente, separou-se uma alíquota das amostras, que foi triturada em gral de ágata até todo o material passar por uma peneira descartável de nylon de 0,15 mm de abertura.

Para a determinação das concentrações dos elementos-traço, digeriu-se 1 g de solo em 10 mL de HNO₃ concentrado em frascos de politetrafluoretileno (PTFE) hermeticamente fechados, aquecidos em forno de micro-ondas durante 10 minutos à pressão de 0,76 MPa, alcançando uma temperatura de aproximadamente 175 °C. Em seguida, o material digerido foi filtrado em filtro de papel. À solução filtrada foram acrescentados 10 mL de água destilada. O volume resultante, cerca de 20 mL, foi acondicionado em frascos de vidro devidamente identificados para posterior análise. Para a determinação de Hg, utilizou-se uma adaptação do método USEPA 3051A, a qual consiste em adicionar, após os procedimentos acima, 1 mL de cloridrato de hidroxilamina 12% (m/v) para 4 mL de amostra (OLIVEIRA et al., 2007).

Tabela 2. Material de origem dominante, classificação dos principais solos e horizontes estudados (EMBRPA, 1999; CASTRO et al., 2010)

Município	Material de origem	Classificação dos solos	Símbolo	Horizontes
Barra do Ribeiro	Sedimentos Arenosos	Neossolo Quartzarênico órtico típico	RQ	A1 C2
	Sedimentos orgânicos e areno- argilosos	Gleissolo Melânico distrófico típico	GM	A Cg
	Sedimentos areno- argilosos	Planossolo Háplico distrófico arênico	SGd	A1 Btg
	Sedimentos arenosos e argilosos	Argissolo Vermelho- Amarelo distrófico arênico	PVA	Ap1 Bt1
Tapes	Sedimentos areno- argilosos e granitos	Argissolo Vermelho- Amarelo distrófico típico	PVA	A1 Bt1
Minas do Leão	Argilitos	Argissolo Vermelho distrófico típico	PVd	AB Bt2
	Granitos	Argissolo Vermelho distrófico latossólico	PVd	A Bt3
	Argilitos	Neossolo Litólico distrófico típico	RLd	B/BC A1
	Sedimentos areno- argilosos	Planossolo Háplico distrófico típico	SGd	Ap1 Btg
Eldorado do Sul	Ortognaisses	Argissolo Vermelho distrófico típico	PVd	A1 Bt2
Arroio dos Ratos	Granitos	Cambissolo Háplico distrófico léptico	CXvd	A2 Bi
Guaíba	Granitos	Argissolo Vermelho distrófico típico	PVd	Ap1 Bt1
Butiá	Argilitos	Cambissolo Háplico distrófico léptico	CXvd	Ap1 Bi2

Tabela 3. Atributos químicos dos solos utilizados neste estudo

Município	Solo	Horizonte	pH _{H2O}	CO	Cátions Trocáveis					CTC	V*	m**
					Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺	K ⁺	H+Al			
				%	meq/100g						%	
Barra do Ribeiro	RQ	A1	4,6	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0 2	1,7	2,2	23	36
		C2	5,5	0,03	0,1	0,1	0,0 4	0,0 1	0,1	0,5	68	29
	GM	A	3,8	4,5	5,6	0,2	0,2	0,0 5	20,0	20,2	3	91
		Cg	4,4	0,1	2,0	0,5	1,4	0,0 5	4,0	6,3	36	47
	SGd	A1	4,3	2,2	1,1	2,5	1,0	0,2	6,9	10,7	36	23
		Btg	4,7	0,2	2,4	3,5	2,0	0,1	6,1	12,1	49	28
	PVA	Ap1	6,1	1,8	0	7,8	0,9	0,1	3,5	12,5	72	0
		Bt1	4,8	0,5	1,8	0,9	1,4	0,0 3	5,9	8,3	29	56
Tapes	PVA	A1	4,5	0,9	1,3	0,7	0,6	0,1	5,0	6,7	25	44
		Bt1	5,3	0,7	1,8	1,9	1,9	0,0 5	5,7	9,7	42	31
Minas do Leão	PVd	AB	4,6	1,6	2,8	0,2	1,1	0,2	8,7	10,6	17	60
		Bt2	5	0,9	5,3	0,4	0,7	0,0 5	10,6	12,0	12	79
	PVd	A	5	1,3	1,4	1,1	1,7	0,2	6,0	9,2	35	30
		Bt3	5,1	0,6	2,7	0,4	0,6	0,0 5	6,6	7,8	16	69
	RLd	A1	4,3	4,6	5,0	0,3	0,6	0,2	16,6	18,2	8	77
		B/BC	4,8	0,7	4,1	0,1	0,1	0,0 4	7,7	8,3	6	89
	SGd	Ap1	6	3,4	0,1	12,2	1,1	0,3	4,2	18,0	77	1
		Btg	4,8	0,7	4,7	7,8	1,1	0,3	9,6	19,0	49	33
Eldorado do Sul	PVd	A1	5,5	1,1	0,3	1,5	0,4	0,1	2,5	4,8	48	11
		Bt2	5,1	0,4	2,3	0,6	1,0	0,2	5,1	7,1	28	53
Arroio dos Ratos	CXvd	A2	4,5	0,8	1,8	0,2	0,1	0,1	5,4	6,0	10	74
		Bi	4,5	0,5	3,1	0,7	0,5	0,3	7,0	8,7	20	64
Guaíba	PVd	Ap1	4,9	0,5	0,6	0,7	0,2	0,0 5	3,0	4,2	29	34
		Bt1	5	0,6	3,2	0,4	1,6	0,0 5	7,4	9,7	24	58
Butiá	CXvd	Ap1	5,2	1,5	0,4	1,9	0,9	0,3	9,6	13,0	26	10
		Bi2	4,9	0,8	3,8	0,6	0,9	0,2	14,7	16,7	12	66

*V=porcentagem de saturação bases; **m= porcentagem de saturação com alumínio

2.3 – Método analítico

A determinação dos elementos-traço As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, e Zn foi feita por meio de espectrômetro de absorção atômica com chama de ar-acetileno. Para o Cd, foi necessário utilizar um espectrômetro de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite, já que a concentração deste foi da ordem de $\mu\text{g kg}^{-1}$ (CAMPOS et al., 2003; 2007). Para a determinação do teor de Hg, utilizou-se um espectrômetro de absorção atômica com vapor frio (OLIVEIRA et al., 2007).

Realizaram-se todas as mensurações em triplicata, sendo apresentada como resultado final, a média aritmética simples destas bem como o seu desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os teores médios de elementos-traço para cada classe de solo, ressaltando que, para o cálculo da média, levou-se em consideração apenas a classe do solo (subordem), sendo, portanto, desconsiderados os níveis categóricos de grande grupo e subgrupo.

A Tabela 5 mostra os teores médios dos elementos-traço para cada município. Nos Municípios de Minas do Leão e Barra do Ribeiro foram amostradas quatro diferentes classes de solo, sendo determinada então a média de 24 amostras, já que, de acordo com a Tabela 5, para cada classe de solo analisaram-se dois horizontes em triplicata. Para os demais municípios, aonde foram coletadas apenas uma classe de solo, a média foi calculada a partir de seis amostras.

Tabela 4. Teores médios \pm desvio padrão de elementos-traço para classes de solo da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul

Elemento-traço	Solo							Média
	RQ	GM	SGd	PVA	PVd	CXvd	RLd	
	mg kg^{-1}							
As	0,1 \pm 0	1 \pm 1	1 \pm 0	3 \pm 1	5 \pm 5	3 \pm 1	4 \pm 1	3 \pm 3
Pb	0,4 \pm 0,04	4 \pm 2	7 \pm 3	14 \pm 7	16 \pm 10	16 \pm 12	23 \pm 13	13 \pm 10
Cu	14 \pm 33	7 \pm 4	19 \pm 24	15 \pm 17	12 \pm 13	10 \pm 7	36 \pm 33	15 \pm 19
Cr	7 \pm 10	6 \pm 3	8 \pm 4	13 \pm 7	25 \pm 13	10 \pm 2	16 \pm 5	15 \pm 11
Ni	0,3 \pm 0,35	1 \pm 1	2 \pm 1	1 \pm 1	2 \pm 2	2 \pm 1	3 \pm 2	2 \pm 1
Zn	0,5 \pm 0,05	2 \pm 2	8 \pm 8	16 \pm 10	12 \pm 11	20 \pm 12	2 \pm 0,4	11 \pm 11
Mn	1 \pm 1	4 \pm 2	134 \pm 174	53 \pm 30	26 \pm 9	18 \pm 10	16 \pm 3	41 \pm 79
	$\mu\text{g kg}^{-1}$							
Cd	4 \pm 1	31 \pm 28	27 \pm 26	42 \pm 26	9 \pm 7	15 \pm 12	19 \pm 9	20 \pm 21
Hg	10 \pm 0	29 \pm 16	13 \pm 7	18 \pm 10	18 \pm 9	12 \pm 4	29 \pm 17	17 \pm 11

RQ: Neossolo Quartzarênico; GM: Gleissolo Melânico; SGd: Planossolo Háplico; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PVd: Argissolo Vermelho; CXvd: Cambissolo Háplico; RLd: Neossolo Litólico.

Tabela 5. Teores médios \pm desvio padrão de elementos-traço para municípios do Estado do Rio Grande do Sul

Horto florestal	Elementos-traço								
	As	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn	Mn	Cd	Hg
	mg kg ⁻¹						μg kg ⁻¹		
Barra do Ribeiro	1±1	5±4	9±16	7±5	1±0,5	3±6	21±31	27±28	16±11
Tapes	4±1	20±5	23±21	18±7	2±0	12±13	49±16	26±10	25±10
Minas do Leão	5±5	17±12	20±25	23±13	3±1	9±9	76±134	20±21	20±12
Eldorado do Sul	3±1	14±9	7±3	18±11	3±2	15±14	34±2	11±7	18±13
Arroio dos Ratos	4±1	23±13	7±4	11±3	1±0	24±10	20±10	18±15	14±6
Guaíba	2±1	9±3	26±21	18±11	1±1	11±10	30±8	7±5	19±9
Butiá	2±0	9±5	13±8	10±2	2±1	16±14	17±10	12±9	10±0
Média geral	3±3	13±10	15±19	15±11	2±1	11±11	41±39	20±21	17±11

O Neossolo Quartzarênico (RQ) foi o solo que apresentou os menores teores de elementos-traço (Tabela 4), seguido pelo Gleissolo Melânico (GM). O mesmo resultado também foi observado por Marques et al. (2004) para o RQ por eles estudados em Minas Gerais. Os teores obtidos para todos os elementos para essas duas classes de solos foram igualmente inferiores aos apresentados por CETESB (2005), Zuliani (2006), Marques et al. (2004) e Campos et al. (2003, 2007), a exceção do Cu. Para esse elemento, Zuliani (2006) e Marques et al. (2004), em solos derivados de rochas sedimentares, encontraram teores inferiores a 14 mg kg⁻¹. Em contraste, o Neossolo Litólico (RL) foi o que apresentou os teores mais elevados de elementos-traço, seguido pelos Argissolos. Comparando os teores do RL aos resultados de Zuliani (2006) e com a referência de qualidade da CETESB (2005) e do COPAM (2011), apenas Cu e Pb tiveram teores elevados. Essa discrepância entre os dois Neossolos é facilmente percebida, pois o Neossolo Quartzarênico é constituído essencialmente por quartzo, mineral naturalmente pobre em elementos-traço. Além disso, a textura arenosa desses solos facilita a perda de elementos por lixiviação, quer estes sejam de origem natural ou tenham sido adicionados ao solo pelo homem. Por outro lado, o Neossolo Litólico possui minerais primários facilmente intemperizáveis

em maior quantidade, os quais são fonte de elementos-traço para o solo (RESENDE et al., 2007).

Os Argissolos e Cambissolos possuem composição variada de minerais, e assim apresentaram teores de elementos-traço intermediários ou, às vezes, superior aos demais (Argissolos). Com isso o município que apresentou concentrações menos discrepantes, se comparado à média geral, foi o de Butiá, onde foi amostrado um Cambissolo Háptico. Já o município que apresentou menores teores de elementos-traço, mesmo possuindo maior variedade de classes de solo, foi o Barra do Ribeiro, justamente porque é nesse município que estão presentes os solos amostrados (Neossolo Quartzarênico e Gleissolo Melânico) com os menores teores de elementos-traço.

Os teores médios dos elementos determinados na depressão central do Rio Grande do Sul (Figura 2) mostraram-se abaixo dos valores de referência de qualidade estabelecidos pela CETESB. Reciprocamente, tais valores também estiveram abaixo dos valores estipulados como referência de qualidade pelo COPAM, já que, para esse órgão, os valores de referência de qualidade, para a maioria dos elementos, são superiores aos da CETESB (Tabela 1). Esses baixos valores podem ser justificados, talvez, pela absorção dos

elementos, presentes naturalmente ou adicionados ao solo, pelo eucalipto ou mesmo por perdas por lixiviação, em função das características dos solos.

O teor de Hg, determinado para os solos em estudo, estiveram bem abaixo daqueles determinados por FELISBERTO (2009) para os solos do mesmo estado. Nesse mesmo trabalho, 46 % das amostras analisadas

estiveram abaixo do limite de quantificação e as demais chegaram a no máximo $68 \mu\text{g kg}^{-1}$ em Cambissolos. O teor de As, para o Argissolo Vermelho (PV), foi de 5 mg kg^{-1} , valores esse que está acima do estabelecido como referência pela CETESB (2005). Teor semelhante foi observado por Campos et al. (2007) em estudo com dezessete Latossolos brasileiros.

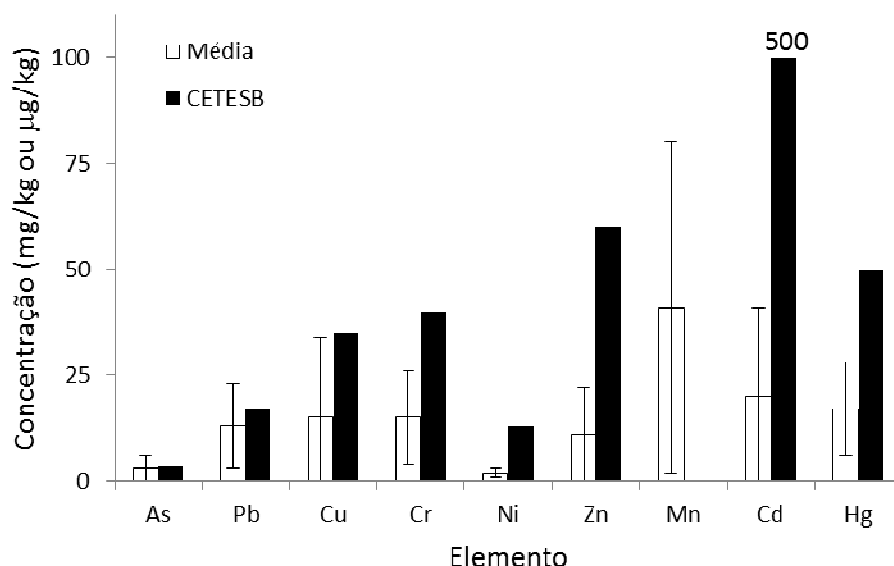


Figura 2. Teor médio de elementos-traço em solos, sob eucalipto, no Rio Grande do Sul e valores de referência de qualidade estipulados pela CETESB. A concentração para os elementos Hg e Cd está em $\mu\text{g kg}^{-1}$ e para os demais elementos em mg kg^{-1} .

4. CONCLUSÃO

Todos os solos e municípios analisados apresentaram teores de elementos-traço relativamente baixos. Portanto, os teores apresentados neste estudo, podem, num dado momento futuro, serem usados como referência para estudos posteriores, em solos sob plantio de eucalipto, verificando se houve enriquecimento ou perdas ao longo do tempo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, M. L.; PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; et al.. Baseline concentration of heavy metals in Brazilian Latosols. **Communications in Soil Science**

and Plant Analysis, New York, v. 34, n.3/4, p. 547-557, 2003.

CAMPOS, M. L.; GUILHERME, L. R. G.; LOPES, R. S.; et al.. Teor e capacidade máxima de adsorção de arsênio em Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1311-1318, 2007.

CASTRO, P. P.; CURI, N.; FURTINI NETO, A. E.; et al.. Química e mineralogia de solos cultivados com Eucalipto (*Eucalyptus* sp.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 645-657, dez. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB.

DECISÃO DE DIRETORIA. N° 195-2005 – E, de 23 de novembro de 2005. **Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2008.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. **Valores de Referência de Qualidade dos Solos para o Estado de Minas Gerais**. Deliberação Normativa COPAM n° 166, de 29 de junho de 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>>. Acesso em: 06 nov. 2011

COSTA, A. M.; CURTI, N.; ARAÚJO, E. F.; et al.. D. Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 465-473, dez. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq; Brasília: SPI, 1999. 412p.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; et al.. Proposição de valores referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 699-705, 2006.

FELISBERTO, R. **Teor de mercúrio em solos do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, 2009. 84 p. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; et al.. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. In: **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa, MG:

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 4.

MARQUES, J. J. G. S. M.; CURTI, N.; SCHULZE, D. G. Trace elements in Cerrado soils. In: ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 103-142.

MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURTI, N.; et al.. Trace elements geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 121, n. 1/2, p. 31-43, July 2004.

OLIVEIRA, L. C.; SERUDO, R. L.; BOTERO, W. G.; et al.. Distribuição de mercúrio em diferentes solos da bacia do médio Rio Negro-AM: influência da matéria orgânica no ciclo biogeoquímico do mercúrio. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 274-280, 2007.

RESENDE, M; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; et al.. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322 p.

SANTOS, R. D.; BORTOLAS, E. P. **Levantamento semi detalhado dos solos de hortos da unidade Guaíba-Aracruz com proposta de criação de unidades de manejo**. Guaíba: Aracruz celulose, 2004. 154 p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SOARES, N.S.; SILVA, M.L.; LIMA, J.E. A função da produção da indústria brasileira de celulose, em 2004. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.495-502, 2007.

ABREU et al. Determinação do teor total de elementos-traço em solos sob eucalipto na depressão central...

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Method 3051A: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils.** In: _____. SW-846: test methods for evaluating solid waste, physical and chemical methods. Washington, 1998. 20 p.

ZULIANI, D. Q. **Elementos-traço em águas, sedimentos e solos da bacia do Rio das Mortes**, Minas Gerais, 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG