

# Avaliação biogeoquímica dos solos e do medronheiro na área mineira da Panasqueira

## Biogeochemistry evaluation of soils and arbutus trees in the Panasqueira mine area

B. Godinho<sup>1</sup>, M.M. Abreu<sup>1</sup> & M.C. Magalhães<sup>2</sup>

---

### RESUMO

As Minas da Panasqueira são uma das mais importantes minas em laboração em Portugal. Ao longo de 100 anos de exploração de tungsténio, cobre e estanho produziram-se resíduos que foram amontoados à superfície, em escombreyras, provocando impactos ambientais elevados. Este trabalho teve como objectivo o estudo biogeoquímico da envolvente das Minas da Panasqueira através da avaliação de solos e plantas de medronheiro (*Arbutus unedo* L.). Os solos apresentam-se contaminados ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em As (922), Cd (3), Cu (215), Pb (77), W (138) e Zn (260). Nas plantas, apenas o cádmio ocorre em concentrações médias ( $1,53 \text{ mg kg}^{-1}$ ) acima do limite tolerável pela generalidade das plantas, no entanto, nenhuma planta apresentava sinais de toxicidade. O medronheiro parece ser tolerante às elevadas concentrações totais e da fracção disponível (solução DTPA) desses elementos nos solos, podendo por isso, ser usado em programas de fitoestabilização e para aproveitamento dos frutos com o objectivo de produzir aguardente.

**Palavras-chave:** fitoestabilização, medronheiro, Panasqueira, solos contaminados, tungsténio.

### ABSTRACT

Panasqueira mine is one of the most important mines in Portugal. Over the last century exploration of tungsten, copper and tin has contributed to produce many waste materials that constitute tailings with huge dimensions generating high visual and chemical impacts. The objective of this work was to study the biogeochemical impact of mining on the soils and arbutus trees (*Arbutus unedo* L.) in this area.

Soils developed on waste materials or hosted rocks are contaminated with ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) As (922), Cd (3), Cu (215), Pb (77), W (138) and Zn (260). In plants, cadmium is the only element that exceeded the vegetation tolerant limit, but none of the sampled plants showed visual signs of toxicity. Arbutus tree seems to be tolerant to the high soil concentrations (total and available fraction) of the hazardous elements. Therefore

---

<sup>1</sup> Dept. Ciências do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa (UTLisbon), Tapada da Ajuda 1399-017 Lisboa, [bertagodinho@gmail.com](mailto:bertagodinho@gmail.com), [manuelaabreu@isa.utl.pt](mailto:manuelaabreu@isa.utl.pt), <sup>2</sup>Dept. Química e CICECO. Universidade de Aveiro, Campos de Santiago, 3810-193 Aveiro, [mclara@ua.pt](mailto:mclara@ua.pt)

arbutus trees can be used in phytostabilization as a soil remediation strategy. Further studies could also allow the use of their fruits for alcohol production.

**Key-words:** contaminated soils, Panasqueira, phytostabilization, arbutus tree, tungsten.

## INTRODUÇÃO

Um grande número de metais e metalóides são essenciais na construção das tecnologias modernas e, muitos deles, têm estado associados ao desenvolvimento da civilização. Depósitos de minérios contendo aqueles elementos químicos, concentrados e confinados a alguns locais da crosta terrestre, têm sido explorados desde a antiguidade, embora com maior intensidade nos dois últimos séculos, sem que, na maioria dos casos, tivessem sido tomadas medidas para minimizar impactos ambientais. A extração, transformação e uso destes elementos químicos tem levado, frequentemente, à sua dispersão no ambiente. Assim, na actualidade existem áreas consideráveis que foram afectadas pela extração e processamento de minérios e que por isso se apresentam contaminadas.

Em Portugal existem cerca de 200 explorações mineiras abandonadas, onde são bem patentes as feridas deixadas na paisagem, como consequência da extração e tratamento do minério e em que a contaminação dos solos e águas subsistiu até aos nossos dias (Oliveira *et al.*, 2002). Na actualidade, apenas duas explorações mineiras estão activas: as Minas de Neves Corvo situadas na Faixa Piritosa Ibérica e as Minas da Panasqueira, na zona centro do País.

As Minas da Panasqueira situadas na vertente sul da cordilheira montanhosa da Serra da Estrela, numa zona económica e social-

mente deprimida da Beira Interior, são as maiores produtoras de concentrados de tungsténio da Europa (Cavey & Gunning, 2006). Nestas minas são ainda explorados, mas em menor proporção, cobre e estanho. A extração do minério tem ocorrido ao longo dos últimos 100 anos, durante os quais os resíduos produzidos foram sendo espalhados à superfície, em escombrelas de grande volumetria, provocando elevados impactos paisagísticos e químicos. Os materiais constituintes das escombrelas mais recentes das Minas da Panasqueira contêm concentrações médias ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) muito elevadas de vários elementos ambientalmente gravosos (As: 7142, Cd: 56, Cu: 2501, Pb: 172, Sn: 679, W: 5400, Zn: 1689) (Ávila *et al.*, 2008). Estas escombrelas influenciam a qualidade das águas e dos sedimentos da ribeira do Bodelhão que também apresentam valores muito elevados daqueles elementos (Ávila *et al.*, 2008).

A transferência solo-planta dos elementos através, sobretudo de absorção radicular, faz parte do ciclo químico natural dos elementos (Kabata-Pendias, 2004). No entanto, a análise da biodisponibilidade dos mesmos elementos nos solos permite avaliar a existência de risco ambiental e o consequente risco para a saúde pública, por exemplo, se a absorção dos elementos por parte das plantas for excessiva, ou por contaminação das águas superficiais e subterrâneas. A avaliação da biodisponibilidade dos elementos é também um dos factores a considerar na possibilidade de implementação eficiente de programas de fitoestabilização das áreas contaminadas.

Assim, este trabalho teve como objectivo o estudo biogeoquímico da envolvente das Minas da Panasqueira, usando como espécie vegetal, o medronheiro (*Arbutus unedo*, L.) para possível aproveitamento na produção de aguardente de medronho e em futuros programas de fitoestabilização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

As Minas da Panasqueira localizam-se no centro de Portugal, no distrito de Castelo Branco, ocupando o couro mineiro cerca de 19 km<sup>2</sup>. A boca da mina e as infraestruturas de exploração e processamento do minério situam-se na aldeia da Barroca Grande, a uma altitude média de cerca de 700 m.

Geotectonicamente as Minas da Panasqueira enquadram-se na Zona Centro-Ibérica e integram uma das províncias metalogénicas estano-volfrâmicas mais importantes da Europa, o denominado Arco de Estanho (Barroqueiro, 2005). Na área dominam os Xistos das Beiras que são atravessados por filões de quartzo mineralizados. Estes filões contêm um grande número de minerais incluindo volframite, cassiterite e calcopirite em quantidades económicas e por isso são explorados (Thadeu, 1951). O sulfureto mais abundante é a arsenopirite estando também presentes em quantidades assinaláveis pirite, blenda e pirrotite (Corrêa de Sá *et al.*, 1999).

A topografia da zona é irregular, com declives acentuados (entre 9 e > 25 %), havendo por isso o predomínio de solos delgados, embora nos vales mais largos ocorram solos aluvionares.

### Solos e plantas

Para a realização deste trabalho procedeu-se à colheita, a jusante da aldeia da Barroca Grande, em meados de Abril de 2007, de amostras de solo e de medronheiro (*Arbutus unedo* L.). Esta espécie vegetal foi escolhida por ser abundante no local, apresentar um bom desenvolvimento vegetativo e ser uma das primeiras plantas a colonizar os solos desenvolvidos sobre as escombrelas. Segundo o Plano de Ordenamento Florestal

da Beira Interior (DGRF, 2005) o medronheiro é uma das plantas com enquadramento possível na zona da Serra da Estrela, uma vez que sendo uma espécie tipicamente mediterrânica com elevada capacidade de resistência aos fogos é considerada de importância no panorama de ordenamento e enriquecimento florestal. Este arbusto constitui muitas vezes uma fonte de rendimento complementar pela produção de aguardente através da fermentação alcoólica dos seus frutos.

Colheram-se sete amostras de solos, das quais uma de referência, correspondendo a um solo não contaminado (PAN 1S), desenvolvido sobre xistos. Cinco amostras (PAN 2S, PAN 4S, PAN 5S, PAN 6S, PAN 7S) correspondem a solos desenvolvidos sobre escombrelas ou sobre rochas de substrato influenciadas pelas águas de escorrência de escombrelas. A amostra (PAN 3S) foi colhida na superfície de inundaçã na margem esquerda da ribeira do Bodelhão. As amostras de solos correspondem à camada superficial (10-15 cm de profundidade). Os solos, com excepção da amostra PAN 3S, foram recolhidos na zona da rizosfera dos medronheiros, cujas folhas e rami-nhos foram também colhidos.

### Métodos

Os solos (fracção  $\leq 2$  mm) foram caracterizados relativamente aos parâmetros seguintes: pH (H<sub>2</sub>O) por potenciometria (relaçã solo:água de 1:2,5 (m/v); capacidade de troca catiónica (CTC) e catiões de troca (método de acetato de amónio a pH 7; análise granulométrica (Póvoas & Barral, 1992); fósforo e potássio assimiláveis (Égner *et al.*, 1960); azoto mineral (Keeney & Nelson, 1982); carbono orgânico total (Tinsley, 1956); alumínio de troca (método do cloreto de potássio, Póvoas & Barral, 1992); oxi-hidróxidos de ferro (totais e não

cristalinos) (De Endredy, 1963; Schwertmann, 1964, respectivamente); óxidos de manganês (Chao, 1972).

Determinaram-se as concentrações totais de 48 elementos químicos (Laboratórios Actlabs, Canadá, <http://www.actlabs.com/>), por ICP/OES ou INAA após digestão com quatro ácidos (HCl, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> e HF). A fracção disponível dos elementos vestigiais (metais e arsénio) foi extraída com DTPA 0,005 M (Lindsay & Norvell, 1978) e as soluções de DTPA foram analisadas por ICP (Laboratório Central de Análises, Universidade de Aveiro).

As folhas e raminhos do medronheiro foram lavadas abundantemente com água corrente e no final com água destilada, secas em estufa a 60 °C, moídas e enviadas para o Laboratório Actlabs, onde após redução a cinzas e digestão ácida (HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram analisados 60 elementos químicos, por leitura em ICP/MS. Todas as análises foram feitas em duplicado, com excepção das análises ao conteúdo elementar total nos solos e nas plantas, sendo o controlo analítico feito nos Laboratórios Actlabs.

O tratamento estatístico básico foi realizado no programa Excel do Windows, versão Microsoft Office Excel 2003.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Solos

Nos Quadros 1 e 2 apresentam-se os parâmetros de caracterização dos solos (pH (H<sub>2</sub>O), análise granulométrica, carbono orgânico total, Fe nos oxi-hidróxidos de ferro (totais e não cristalinos), Mn nos óxidos de manganês, CTC, catiões de troca, P e K assimiláveis e N mineral).

Os solos apresentam pH em geral ácido (3,83 – 5,84) e textura franco-limosa. A maioria das amostras de solos tem valores de CTC (12,9 – 32,7 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) considerados favoráveis à instalação de vegetação, os quais se podem atribuir em grande parte aos teores elevados de carbono orgânico (28,7 – 79,1 g kg<sup>-1</sup>). No geral, os solos apresentam valores baixos de alumínio de troca (0,12 – 0,59 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), azoto mineral e fósforo assimilável, mas elevados valores de potássio assimilável. Todas as amostras apresentam valores muito elevados de óxidos de Fe totais (somatório das fracções cristalina e não cristalina), ocorrendo o claro domínio dos óxidos de Fe cristalinos relativamente aos óxidos de Fe não cristalinos. Os valores de óxidos de Mn são bastante

**Quadro 1** - Caracterização dos solos na área mineira da Panasqueira – pH, granulométrica, C orgânico total, Fe nos oxi-hidróxidos de ferro (cristalinos e não cristalinos) e Mn nos óxidos de manganês

Amostras	pH (H <sub>2</sub> O)	Areia	Limo	Argila	COT*	Fe <sup>(a)</sup>	Fe <sup>(b)</sup>	Mn <sup>(c)</sup>
PAN 1S	5,84	339	490	171	79,05	10,95	4,28	0,038
PAN 2S	5,25	524	367	110	53,57	10,24	2,88	0,042
PAN 3S	5,15	444	415	141	39,21	16,19	3,86	1,709
PAN 4S	5,49	638	312	50	36,53	11,50	3,65	1,071
PAN 5S	4,91	419	448	133	52,91	14,94	3,52	0,071
PAN 6S	3,83	496	367	137	28,74	-	-	0,396
PAN 7S	5,55	564	321	115	28,81	15,67	2,42	0,826

\* COT- Carbono orgânico total; Fe<sup>(a)</sup> - Fe nos óxidos de ferro cristalinos; Fe<sup>(b)</sup> - Fe nos óxidos de ferro não cristalinos; Mn<sup>(c)</sup> - Mn nos óxidos de manganês

**Quadro 2** - Características dos solos – CTC, cátions de troca, P e K assimiláveis e N mineral.

Amostras	CTC* cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Cátions de Troca				Fósforo Assim.	Potássio Assim. mg kg <sup>-1</sup>	Azoto mineral
		Ca	Mg	K	Na			
		cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>						
PAN 1S	32,69	6,96	3,47	0,83	0,29	13,56	> 200	13,15
PAN 2S	23,03	1,75	0,80	0,48	0,12	9,97	> 200	26,34
PAN 3S	18,37	1,33	0,14	0,28	0,06	56,89	127,01	16,71
PAN 4S	12,91	3,66	0,87	0,19	0,04	39,97	96,30	7,98
PAN 5S	19,16	1,60	0,49	0,31	0,07	13,82	149,43	14,99
PAN 6S	16,77	0,40	0,12	0,10	0,01	2,28	67,24	14,96
PAN 7S	12,88	1,41	0,72	0,29	0,07	12,02	150,26	9,05

\* CTC- Capacidade de troca catiónica

variáveis de solo para solo (0,038 g kg<sup>-1</sup>, PAN 1S e 1,71 g kg<sup>-1</sup>, PAN 3S).

No Quadro 3 apresentam-se os estatísticos básicos, na fracção ≤2 mm dos solos, para o Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, W e Zn. Dos 48 elementos determinados, estes foram seleccionados pela sua importância do ponto de vista da exploração mineira e por se apresentarem em quantidades significativas. Apesar do Sn ser um dos três metais (W, Cu e Sn) explorados nas Minas da Panasqueira não consta do Quadro 3 por os valores nos solos serem inferiores ao limite de detecção do aparelho analítico, que no Laboratório Actlabs é relativamente alto (ld = 100 mg Sn kg<sup>-1</sup>).

Embora os solos apresentem valores elevados de Al e Fe, essas concentrações estão

de acordo com os valores médios considerados normais para xistos, as rochas de substrato na zona de estudo. As concentrações em Mn nos solos desenvolvidos sobre escombrecas (PAN 4S, 6S e 7S) e no solo colhido no leito da ribeira (PAN 3S) ultrapassam os valores considerados normais para a crosta terrestre (Ferreira, 2004).

Os solos podem considerar-se contaminados pois que os valores totais (média em mg kg<sup>-1</sup>) de Cu (215), Zn (260), Cd (2,9) As (922) e Pb (77) ultrapassam os valores máximos admissíveis (VMA) segundo a Legislação Portuguesa (Decreto-Lei n.º118/2006) e Canadiana (CCME, 1997) (Quadro 3). O tungsténio apresenta um valor médio de 137,86 mg kg<sup>-1</sup> que é muito superior à gama de valores (0,5 – 83 mg kg<sup>-1</sup>)

**Quadro 3** – Estatísticos básicos da composição química total (fracção ≤2 mm) dos solos (n=7). Concentração dos elementos expressa em mg kg<sup>-1</sup>, com excepção do Al, Fe e Mn em g kg<sup>-1</sup>.

Estatística	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	W	Zn
Min.	40,8	158	0,6	51	38,5	0,23	29	29	19	142
Max.	56,5	3680	10,2	552	118	2,21	77	205	338	423
Média	47,5	922	2,9	214,9	52,5	0,95	55,7	77	138	260
Mediana	47,6	499	1,9	183	41,7	1,19	56	68	94	240
Desv. Padrão	6,0	1272,1	3,4	167,6	28,95	0,75	15,7	60	128	104
CT Xistos	91,0	13	0,25	45	55	0,85	70	22	1,8	100
VMA	-	12 <sup>(2)</sup>	1 <sup>(1)</sup>	50 <sup>(1)</sup>	-	-	30 <sup>(1)</sup>	50 <sup>(1)</sup>	-	150 <sup>(1)</sup>

CT: crosta terrestre; VMA: valores máximos admissíveis; <sup>(1)</sup> Decreto-Lei n.º 118/2000; <sup>(2)</sup> CCME, 1997.

**Quadro 4** - Estatísticos básicos referentes à fracção disponível dos elementos químicos nos solos (n=7) (extração com DTPA) da Panasqueira. Concentração dos elementos em mg kg<sup>-1</sup>.

Estatística	Al	As	Cu	Fe	Mn	Sn	Pb	W	Zn
Min.	4,26	0,10	2,47	53,14	6,25	0,12	0,85	0,85	3,63
Max.	491,90	18,44	90,88	631,18	83,05	0,18	2,45	2,45	66,18
Média	289,80	4,11	23,32	267,86	25,91	0,15	1,43	1,43	26,90
Mediana	330,29	0,91	6,44	153,68	12,4	0,15	1,13	1,13	8,92
Desv. Padrão	170,05	6,24	29,61	202,81	25,49	0,02	0,54	0,54	24,5

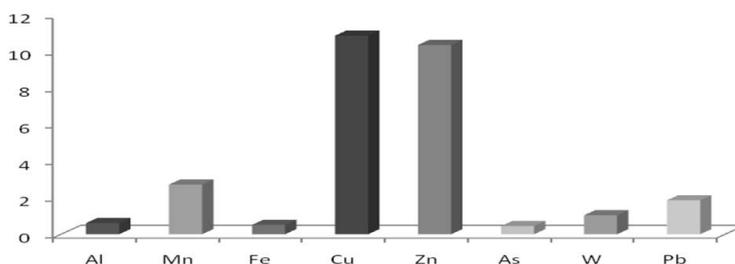
considerados normais nos solos pela Agency for Toxic Substances Disease Registry (2005). O mesmo se passa para o Cu, As, e Pb, em que os valores considerados normais no solo (1 – 60 mg Cu kg<sup>-1</sup> e 5 – 9 mg As kg<sup>-1</sup>, Varennes, 2003; 0,17 – 29 mg Pb kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias & Pendias, 2001) são, em média, largamente ultrapassados. As concentrações de Ni, apesar de elevadas quando comparadas com os valores máximos admissíveis nos solos, estão dentro dos valores médios para xistos (70 mg kg<sup>-1</sup>), correspondendo por isso ao fundo geoquímico da região.

No Quadro 4 apresentam-se os estatísticos básicos referentes à fracção disponível (extraída com DTPA) de alguns elementos químicos nos solos.

A fracção disponível dos elementos relativamente ao teor total dos mesmos nestes solos (Figura 1) varia consoante o elemento, sendo relativamente importante para o cobre e zinco (10,85 e 10,35 %, respectivamente),

baixa para o manganês (2,71 %), chumbo (1,85 %) e tungsténio (1,04 %) e muito baixa para o alumínio (0,61 %), ferro (0,51 %) e arsénio (0,45 %).

A baixa percentagem relativa de As na forma disponível é indicação da sua baixa perigosidade ambiental. Tal facto, deve-se, provavelmente, às elevadas concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro (Quadro 1) nestes solos, que são apontados como sendo bastante eficazes na imobilização deste metalóide, em particular os óxidos e hidróxidos de Fe não cristalinos (El Khatib *et al.*, 1984). Também o tungsténio associado à sua baixa solubilidade se apresenta, relativamente à sua concentração total nos solos, pouco disponível, não constituindo, aparentemente, perigo ambiental. A baixa disponibilidade do Pb pode estar associada quer aos óxidos de ferro (Brown *et al.*, 2005), quer aos óxidos de manganês (Adriano, 1986), embora estes ocorram em menor concentração nestes solos (Quadro 2).



**Figura 1** – Relação percentual entre o conteúdo da fracção disponível (DTPA) e o conteúdo total de alguns elementos químicos no solo.

## Medronheiro

A descrição estatística da concentração total de elementos químicos nos raminhos e folhas do medronheiro (*A. unedo*) consta do (Quadro 5).

As amostras de medronheiro contêm valores de Ni considerados normais para as plantas (0,1 – 5 mg kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias & Pendias, 2001), com excepção da amostra PAN 5M que contêm 13 mg Ni kg<sup>-1</sup>. As concentrações de W e Fe nas plantas analisadas estão abaixo do limite de detecção do aparelho analítico (0,5 mg kg<sup>-1</sup> e 100 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Este facto parece indicar que esta espécie, pelo menos em relação ao tungsténio, não absorve ou transloca este elemento, por ocorrer em valores muito baixos (relativamente ao total, Figura 1) na fracção disponível ou por esta espécie poder ser exclusora relativamente ao tungsténio.

A concentração de Pb na parte aérea desta espécie vegetal, encontra-se dentro da gama dos valores de referência para as plantas (0,1 – 10 mg kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias & Pendias, 2001). No caso do As, esta espécie arbustiva parece ser tolerante aos elevados teores totais deste elemento nos solos (média 922 mg kg<sup>-1</sup>), pois a translocação para a parte aérea é baixa (máximo 2 mg kg<sup>-1</sup>). De facto, embora a relação da fracção disponível/total de As seja baixa (0,45 %), o valor absoluto de ambas (Quadros 3 e 4) ultrapassa os valores considerados tóxicos para a

maioria das plantas (25 – 100 mg kg<sup>-1</sup> para o As total e 2 mg kg<sup>-1</sup> para o As solúvel no extracto de saturação, Srivastava & Gupta, 1996). O valor máximo de As ocorre na amostra PAN 2M, correspondente ao solo situado numa vertente declivosa com influência das águas de escorrência da escombreira mais recente. No entanto, nesta amostra ocorre o mais baixo valor de As total (158 mg kg<sup>-1</sup>) e da fracção disponível (0,66 mg kg<sup>-1</sup>) dos solos analisados, o que indica que tal acumulação na planta poderá dever-se à absorção do As a partir das águas de escorrência da escombreira. O facto de o elemento não ficar retido no solo é função da sua elevada mobilidade e ainda à posição topográfica que o solo ocupa.

O manganês apresenta na espécie analisada, valores inferiores aos considerados tóxicos para a maioria das plantas (500 mg kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias & Pendias, 2001). O valor médio de Cd (1,53 mg kg<sup>-1</sup>) no medronheiro ultrapassa a gama de valores considerados toleráveis pelas culturas (0,05 – 0,2 mg kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias & Pendias, 2001), ocorrendo o máximo valor (4,94 mg kg<sup>-1</sup>) na amostra PAN 5M, apesar do solo correspondente não ser o que contém maior teor total do elemento. Tal facto, deve estar associado à absorção do elemento pela planta a partir das águas de lixiviação da escombreira, situada acima do local de colheita, e que atravessam o solo PAN 5S. Estas águas deverão conter teores elevados deste

**Quadro 5** - Descrição estatística da concentração total de elementos químicos nos raminhos e folhas do medronheiro (*Arbutus unedo*) colhidas na área mineira da Panasqueira. Concentração dos elementos em mg kg<sup>-1</sup>.

Estatística	Al	Mn	Fe	Cu	Zn	As	W	Pb	Ni	Cd
Min.	52,0	12,6	< l.d.	2,30	26,0	< l.d.	< l.d.	0,20	< l.d.	0,26
Máx.	223,0	144,0	< l.d.	3,10	570,0	2,00	< l.d.	0,30	13,00	4,94
Média	116,3	75,2	< l.d.	2,63	155,2	0,75	< l.d.	0,22	4,25	1,53
Mediana	99,0	75,2	< l.d.	2,65	82,5	< l.d.	< l.d.	0,20	< l.d.	0,91
Desv. Padrão	61,5	49,3	-	0,31	206,4	0,61	-	0,04	4,29	1,77

l.d. – limite de detecção

elemento. Apesar da elevada concentração de Al (média 47,5 g kg<sup>-1</sup>) nas amostras de solo e na fracção disponível (média 310 mg kg<sup>-1</sup>), não ocorrem valores muito elevados nas plantas (média 116 mg kg<sup>-1</sup>), estando em regra dentro da gama (50 – 200 mg kg<sup>-1</sup>) indicada por Srivastava & Gupta (1996).

Nas plantas amostradas os teores de Cu (média 2,63 mg kg<sup>-1</sup>) são inferiores aos considerados tóxicos para as plantas (> 20 mg kg<sup>-1</sup>), estando mesmo abaixo dos valores considerados suficientes ou normais (5 – 30 mg kg<sup>-1</sup>) (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Ocorrem nas plantas valores relativamente elevados de Zn (média 155 mg kg<sup>-1</sup>), com um máximo na amostra PAN 5M de 570 mg kg<sup>-1</sup> que é superior ao valor observado para a mesma amostra de solo (235 mg kg<sup>-1</sup>), indicando capacidade de acumulação deste elemento na planta. No entanto, as plantas de medronheiro não apresentavam nem sinais de toxicidade relativamente ao Zn ou ao Cd, nem de deficiência relativamente ao Cu.

## CONCLUSÕES

Os solos da envolvente das Minas da Panasqueira apresentam-se contaminados, como resultado da exploração mineira passada e actual, devido à acumulação dos resíduos do processamento do minério em escombrelas. No entanto, as percentagens relativas dos elementos na forma disponível em relação ao conteúdo total dos mesmos no solo são, no geral, baixas, podendo indicar, a curto prazo, perigosidade ambiental relativamente reduzida. O medronheiro coloniza os solos contaminados desenvolvidos sobre a rocha de substrato e as escombrelas, apresentando um bom desenvolvimento vegetativo. A concentração dos elementos vestigiais na parte aérea da planta é

muito baixa pelo que parece ser uma espécie tolerante aos elevados valores desses elementos no solo podendo ser usado em programas de fitoestabilização das escombrelas. Além disso, como os raminhos e as folhas do medronheiro apresentam concentrações baixas de elementos químicos perigosos para a saúde humana, os seus frutos poderão ser aproveitados para o fabrico de aguardente. No entanto, estes devem ser objecto de análise química futura e, caso esta tendência seja comprovada, poderá ser possível a execução de um projecto de implementação de uma destilaria de aguardente de medronho. Esta seria construída pela Junta de Freguesia de São Francisco de Assis e Barroca Grande, com o objectivo de rentabilizar um produto local e a criação de novos postos de trabalho, numa zona tão necessitada a nível económico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005. Toxicological Profile for Tungsten. U.S. Department of Health Service. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp186.pdf>. Acesso em: 10/2007.
- Ávila, P. F., Ferreira da Silva, E., Salgueiro, A. R. & Farinha, J. A. 2008. Geochemistry and mineralogy of mill tailings impoundments from the Panasqueira Mine (Portugal): implications for surrounding environment. *Mine Water and the Environment*, 27:210–224.
- Barroqueiro, M. 2005. O declínio de Centros Mineiros Tradicionais no Contexto de uma Geografia Industrial em Mudança – As Minas de Aljustrel e da Panasqueira. Tese de Mestrado em Geografia Humana e Planeamento Regional e Local. Lisboa.
- Brown, S., Christensen, B., Lombi, E., McLaughlin, M., McGrath, S., Colpaert,

- J. & Vangronsveld, J. 2005. An inter-laboratory study to test the ability of amendments to reduce the availability of Cd, Pb, and Zn in situ. *Environmental Pollution*, 138: 34-45.
- Cavey, G. & Gunning, D. 2006. Panasqueira Mine – Distrito de Castelo Branco, Portugal. Updated Technical Report. Primary Metals Inc. Orequest. Castelo Branco.
- CCME – Canada Council of Ministers of the Environment 1997. Canadian Environmental Quality Guidelines for the protection of environmental and human health Winnipeg.
- Chao, T. T. 1972. Selective dissolution of manganese oxides from soils and sediments with acidified hydroxylamine hydrochloride. *Soil Science Society of America*, 36: 762-768.
- Corrêa de Sá, A., Naique, R. & Edmundo A. 1999. As Minas da Panasqueira: 100 anos de história mineira. *Boletim das Minas*, 36 (1): 3-22.
- Decreto-Lei n.º118/2006. *Diário da República*, I Série-A n.º 118 de 21 de Junho de 2001: 4380-4388.
- De Endredy, A.S. 1963. Estimation of free iron oxides in soils and clays by photolytic methods. *Clay Mineralogy Bulletin*, 9: 209-217.
- DGRF, 2005. Plano Regional de Ordenamento Florestal – Beira Interior Norte. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Égner, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische boden: Analyse als Grundlage für die Beurteilung der Nährstoffzustandes der boden. II. Chemische extraktions, methoden zur phosphor, und kaliumbestimmung. *Kunl. Lantbrukshoegst*, 26: 199-215.
- El Khatib, E. A., Banner, O. L. & Wright, R. J. 1984. Arsenite sorption and desorption in soils. *Soil Science Society of American Journal*, 48: 1025-1030.
- Ferreira, M. I. 2004. Atlas Geoquímico dos Solos de Portugal Continental. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências. Aveiro.
- Kabata-Pendias, A. 2004. Soil-plant transfer of trace elements – an environmental issue. *Geoderma*, 122: 143-149.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3<sup>rd</sup> edition. CRC Press. Boca Raton. FL. 431 pp.
- Keeney, D. R. & Nelson, D. W. 1982. Nitrogen. Inorganic forms. In, A. L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2<sup>nd</sup> ed. Soil Science of América, Madison, USA.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- Oliveira, J. M. S., Farinha, J., Matos, J. X., Ávila, P., Rosa, C., Canto Machado, M. J. Daniel, F. S., Martins, L. & Machado Leite, M. R. 2002. Diagnóstico ambiental das principais áreas mineiras degradadas do País. *Boletim das Minas*. Lisboa, 39 (2): 67-85.
- Póvoas, I. & Barral, M.F. 1992. Métodos de Análise de Solos. Série de Ciências Agrárias. Instituto de Investigação Científica Tropical. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia. Lisboa.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxides des bodens. *Planzenernährung Düngung Bodenkund*, 105 (3): 194-202.
- Srivastava, P. C. & Gupta, U. C. 1996. Trace elements in crop production. Science Publishers, Inc. USA.
- Thadeu, D. 1951. Geologia do Couto Mineiro da Panasqueira. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 32: 5-64.

Tinsley, J. 1956. The extraction of organic matter from soils with formic acid. Transactions International Congress of Soil

Science. Paris. 541-546.  
Varenes, A. 2003. Produtividade dos Solos e Ambiente. Escolar Editora, Lisboa.