

Índice

VOLUME I:

1. INTRODUÇÃO	1
PONTO DA SITUAÇÃO	3
“International Geochemical Mapping” (IGM)	7
Rede Global de Referência (GRN)	8
Mapas Geoquímicos Regionais	10
Meios de Amostragem	13
Densidade de Amostragem	14
Seleção de Locais de Amostragem e Colheita de Amostras	15
Cartografia Geoquímica Regional em Portugal	16
OBJECTIVOS	17
2. CARACTERIZAÇÃO DE PORTUGAL CONTINENTAL	19
OCUPAÇÃO HUMANA	19
Indústria	20
CLIMA	24
RELEVO	27
HIDROGRAFIA	30
OCUPAÇÃO DO SOLO	32
GEOLOGIA	33
Unidades Morfotectónicas	34
Maciço Hespérico	37
Zona Centro Ibérica	40
Sub-Zona Galaico Transmontana	42
Zona de Ossa Morena	43
Zona Sul Portuguesa	44
A Cobertura Epi-Hercínica	45
Orla Ocidental ou Lusitânica	46
Orla Meridional ou Algarvia	46
Bacias do Baixo Tejo e Sado	47
Geologia do “Bedrock” e Mineralizações	48
Zona Centro Ibérica (ZCI)	51
Sub-Zona Galaico Transmontana (zGT)	51
Zona de Ossa Morena (ZOM)	52
Zona Sul Portuguesa (ZSP)	52
Concessões Mineiras	53
Solos	56
Aquíferos Subterrâneos	61
3. MÉTODOS	63
AMOSTRAGEM	64
PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	68
ANÁLISE	70
Água Régia + ICP-AES	70
Acetato de Amónio (AcNH ₄) + AAS	73

Difracção de Raios-X (DRX)	73
QUALIDADE DOS DADOS	74
Dados obtidos por Água Régia + ICP-AES	77
Dados obtidos por AcNH ₄ + AAS	91
CONSTRUÇÃO DE MAPAS GEOQUÍMICOS	93
Mapas de Símbolos	94
Mapas de Superfícies Coloridas	96
GRÁFICOS	100
FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	102
Correlações	103
Classificação Hierárquica (“Cluster Analysis”)	103
Análise de Componentes Principais	104
Regressão passo-a-passo (“stepwise regression”)	106
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	109
ESTATÍSTICA UNIELEMENTAR	109
“Sub-Populações”	114
Tipos Litológicos	114
Unidades Geoestruturais	117
ANÁLISE DE CORRELAÇÕES	118
CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA (“CLUSTER ANALYSIS”)	122
ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	124
ANÁLISE por REGRESSÃO (“stepwise regression”)	134
Dados Obtidos por Água Régia + ICP-AES	135
Dados Obtidos por AcNH ₄ + AAS	137
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS MINERALÓGICOS	138
Estatística Simples	138
Relações entre Minerais	141
ACP (dados mineralógicos)	143
Regressão em função das Litologias e das Zonas Geoestruturais	148
RELAÇÃO entre DADOS GEOQUÍMICOS e MINERALÓGICOS	150
ACP (Dados Geoquímicos + Dados Mineralógicos)	154
5. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO	157
Métodos de Processamento	157
PADRÕES RELACIONADOS COM O “BEDROCK”	163
Comparação de Teores Médios com “Clarks”	163
Factores de Variação Regional	168
Factores Litológicos e Geoestruturais	168
Fracção Argilosa e Óxidos de Fe e Mn	173
Minerais	175
Resumo	176
Aspectos ligados a Recursos Minerais	179
PADRÕES RELACIONADOS COM ACTIVIDADE HUMANA	190
Valores de Referência	194
APLICAÇÕES	198
Agricultura e Floresta	199
Geomedicina	202

6. SUMÁRIO E CONCLUSÕES	205
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211

VOLUME II:

ANEXO I	Apresentação dos Dados Geoquímicos	3
ANEXO II	Cartografia (Dados Mineralógicos)	169
ANEXO III	Cartografia da ACP (Dados Geoquímicos)	193
ANEXO IV a	Cartografia da regressão de Al, Fe e Mn	203
ANEXO IV b	Cartografia da regressão de As, Ba, Co, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Sr, Th, V, Zn (Dados resultantes da dissolução com Água Régia)	207
ANEXO IV c	Cartografia da regressão de Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (Dados resultantes da dissolução com AcNH₄)	221
ANEXO V	Cartografia da ACP (Dados Geoquímicos + Mineralógicos)	229

Lista de Figuras

Fig. 1 – Lista de elementos recomendados.	12
Fig. 2 – Sedes de concelho do país.	22
Fig. 3 – Mapa da densidade populacional em Portugal Continental.	23
Fig. 4 – Mapa da precipitação total em Portugal Continental.	25
Fig. 5 – Mapa da temperatura média diária do ar em Portugal Continental.	26
Fig. 6 – Mapa Hipsométrico de Portugal Continental.	29
Fig. 7 – Rede e Bacias Hidrográficas de Portugal.	31
Fig.8 – Grandes Unidades tectónicas da Europa.	34
Fig. 9 – Limite de Placas na região Açores – Mediterrâneo.	35
Fig. 10 – Unidades Morfoestruturais da Península Ibérica.	36
Fig. 11 – Zonas paleogeográficas e tectónicas do Maciço Hespérico.	38
Fig. 12 – Esquema Tectono-Estratigráfico de Portugal.	39
Fig. 13 - Mapa litológico de Portugal simplificado.	49
Fig. 14 – Principais ocorrências de minerais metálicos em Portugal Continental.	50
Fig. 15 – Contratos de Prospecção e Pesquisa de Depósitos de Minerais metálicos e outros. Situação em 20 de Março de 2000.	55
Fig. 16 – Carta de Solos de Portugal segundo a classificação da FAO.	57
Fig. 17 – Mapa do tipo de Solos em Portugal, quanto ao pH.	59
Fig. 18 – Teor de sulfatos em águas subterrâneas.	60
Fig. 19 – Localização e número das amostras.	66
Fig. 20 - Esquema geral da amostragem.	67
Fig. 21 - Fluxograma da preparação das amostras.	69
Fig. 22 – Modelo não balanceado de dois níveis.	75
Fig. 23 – Nivelamento paramétrico de resultados analíticos obtidos em fases diferentes. Exemplo da normalização dos dados da 3ª fase relativamente aos da 2ª fase, para o caso do Zn.	78
Fig. 24a – Diagramas de dispersão dos duplicados de análise para Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La e Mg.	87
Fig. 24b – Diagramas de dispersão dos duplicados de análise para Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W e Zn	88
Fig. 25a – Diagramas de dispersão dos duplicados de campo para Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La e Mg.	89
Fig. 25b – Diagramas de dispersão dos duplicados de campo para Mn, Mo, Na Ni, P, Pb, Sb, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W e Zn.	90
Fig. 26 – Diagramas de dispersão das 127 réplicas analíticas para Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn (dados obtidos por AAS após ataque com acetato de amónio).	92
Fig. 27 – Gráfico da curva de frequências cumuladas e do diâmetro do símbolo para o Ba.	95

Fig. 28 – Comparação gráfica entre teores observados de V e As e respectivos teores calculados pelo método de interpolação <i>krigagem</i> com base numa rede quadrada de distância entre os nós de 2 km.	98
Fig. 29 – Esquema geral dos “box-plots” usados.	100
Fig. 30 – Histogramas do Fe (escala linear) e do Ba (escala logarítmica).	111
Fig. 31 – Diagramas de dispersão Co-Ni e K-Ba para os dados geoquímicos classificados segundo os diferentes grupos litológicos, para os quais estão assinalados os valores da mediana correspondentes.	120
Fig. 32 – “Cluster analysis” (usando o método de Ward como regra de agrupamento e 1-person r como medida da distância) calculada sobre o “rank” dos resultados analíticos de 653 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.	122
Fig. 33 – Gráfico dos valores de “eigenvalues” (valores próprios) referentes a cada uma das 20 Componentes.	125
Fig. 34 – Projecção das variáveis e das amostras nos 1º, 2º e 3º planos factoriais.	129
Fig. 35 – Comparação dos “factor loadings” de 20 elementos, obtidos em três diferentes ACPs. 1ºACP foi realizado com 20 elementos; 2ºACP foi realizado com 20 elementos + 4 litologias; 3ºACP foi realizado com 20 elementos + 4 zonas geoestruturais.	132
Fig. 36 – “Cluster analysis” (usando o Método de Ward como regra de agrupamento e 1-pearson r como medida da distância) calculada sobre o “rank” dos resultados de difracção de raios-X de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.	143
Fig. 37 – Distribuição espacial dos “factor scores” da ACP, calculado sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.	145
Fig. 38 – Visualização dos “factor loadings” e “factor scores” dos três primeiros planos factoriais da ACP, calculado sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal, com as amostras classificadas segundo a classe litológica a que pertencem.	146
Fig. 39 – Visualização dos “factor loadings” e “factor scores” dos três primeiros planos factoriais da ACP, calculado sobre os resultados mineralógicos de 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal, com as amostras classificadas segundo a Zona Geoestrutural em que se encontram.	147
Fig. 40 – Modelo de variograma do As (dados logtransformados) ajustado com base em variogramas experimentais, calculados em quatro diferentes direcções do espaço (0º, 45º, 90º, 135º).	161
Fig. 41 – Cartografia do As usando a krigagem como método de interpolação, após estudo variográfico.	162
Fig. 42 – Comparação gráfica de valores médios (mediana) observados em 4 grupos de amostras definidos com base na sua proveniência litológica com “Clarks” (teores médios) de vários Tipos Litológicos.	166
Fig. 43 – Comparação da cartografia da 4ª CP em função da população com algumas ocorrências minerais conhecidas nas zonas ZOM e ZSP.	182
Fig. 44 – Comparação de teores de W em sedimentos de corrente com localização de Granitóides da ZCI.	183
Fig. 45 – Comparação de teores de U em sedimentos de corrente com localização de Granitóides da ZCI.	184
Fig. 46 – Áreas metalogénicas das ZOM e ZSP.	187

Fig. 47 – Cartografia da razão $(Cu^*+Pb^*+Zn^*)/Ni^*$ na ZSP e gráfico Distância/Valor obtido para várias razões ao longo do perfil A-B.	188
Fig. 48 – Cartografia da razão Cd/Zn (em percentagem) na ZSP e gráfico Distância/Valor obtido para várias razões ao longo do perfil A-B.	189
Fig. 49 – Localização das amostras com teores acima dos estatísticos L'1 e L'2, observados para As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn.	197
Fig. 50 – Índice $Al/(Ca+K+Mg)$ em sedimentos de corrente de Portugal.	200
Fig. 51 – “Geochemical Environmental Index” $((K+Mg+Ca)-(Al+Fe+Mn))$ em sedimentos de corrente de Portugal.	201

Lista de Tabelas

TABELA I - Contratos de Prospecção e Pesquisa de Depósitos de Minerais metálicos e outros (situação em 2-1998).	54
Tabela II - Limites de Detecção indicados pelo laboratório para 32 elementos em cada uma das três fases de análise.	72
Tabela III - Lista de fórmulas usadas para a discussão da qualidade dos resultados analíticos.	76
Tabela IV a - Parâmetros analíticos das 7, 11 e 6 determinações respectivamente dos padrões de laboratório C, C2 e C3, analisados durante as determinações de 31 elementos em 653 amostras de sedimentos de corrente em laboratório Canadano.	80
Tabela IV b - Parâmetros analíticos das determinações de 31 elementos em 653 amostras de sedimentos de corrente em laboratório Canadano.	81
Tabela V - Alguns parâmetros estatísticos resultantes da análise de variância.	84
Tabela VI - Alguns parâmetros de verificação da qualidade na determinação dos teores em 6 elementos por AAS após ataque com Acetato de Amónio de 653 amostras de sedimentos de corrente, com base em 127 réplicas analíticas.	91
Tabela VII - Alguns dados estatísticos para os 31 elementos analisados.	110
Tabela VIII - Teste de Kolmogorov-Smirnov com dados não classificados.	112
Tabela IX - Teste de Kolmogorov-Smirnov com dados não classificados para as amostras do Maciço Hespérico (MH) e para as das Orlas.	113
Tabela X - Comparação de sedimentos de corrente colhidos sobre diferentes tipos litológicos em Portugal Continental.	115
Tabela XI - Comparação de sedimentos de corrente colhidos sobre diferentes unidades geoestruturais em Portugal Continental.	116
Tabela XII - Coeficientes de correlação de Pearson (acima da diagonal; calculados sobre os dados logtransformados, excepto para Al, Fe e Mg) e de Spearman (abaixo da diagonal) para nível de significância $p=0.001$.	118
Tabela XIII - Melhores correlações (coeficientes de correlação de Spearman) após “transformação” (r_t) relativa aos grupos litológicos.	120
Tabela XIV - “Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 20 componentes, obtidas sobre o “rank” dos dados.	125
Tabela XV - Contribuição de cada elemento (“loadings”) para as oito principais novas coordenadas (F).	126
Tabela XVI - “Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 24 componentes, obtidas sobre o “rank” de 20 elementos analisados em 653 amostras de sedimentos de corrente classificadas segundo a litologia.	130
Tabela XVII - Contribuição de cada elemento e litologia (“loadings”) para os oito primeiros factores (F_L1 , F_L2 , F_L3 , F_L4 , F_L5 , F_L6 , F_L7 , F_L8).	130
Tabela XVIII - “Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 24 componentes, obtidas sobre o “rank” de 20 elementos analisados em 653 amostras de sedimentos de corrente classificadas segundo a zona geoestrutural.	131
Tabela XIX - Contribuição de cada elemento (“loadings”) para os oito primeiros factores (F_Z1 , F_Z2 , F_Z3 , F_Z4 , F_Z5 , F_Z6 , F_Z7 , F_Z8).	131

Tabela XX - Parâmetros dos modelos de regressão (“stepwise regression”) em função das variáveis independentes Al, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (e Ca para o Sr).	136
Tabela XXI - Alguns estatísticos referentes aos teores esperados (<i>Me*</i>) obtidos para alguns elementos após regressão em função das variáveis independentes Al, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (e Ca para o Sr).	136
Tabela XXII - Parâmetros dos modelos de regressão em função das variáveis independentes Al, Ca, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (extracção com acetato de amónio).	137
Tabela XXIII - Alguns estatísticos referentes aos teores esperados (<i>Me*</i>) obtidos após regressão em função das variáveis independentes Al, Ca, Fe, Mn, RG, RM, RC, RD, ZCI, ZOM, ZSP (extracção com acetato de amónio).	138
Tabela XXIV - Média aritmética (M) e desvio padrão (s) dos teores dos minerais identificados na fracção <80 # de amostras de sedimentos de corrente representando as principais litologias de Portugal.	139
Tabela XXV - Média aritmética (M) e desvio padrão (s) dos teores dos minerais identificados na fracção <80 # de amostras de sedimentos de corrente representando as principais unidades geoestruturais de Portugal.	140
Tabela XXVI - Melhores correlações de Spearman “rank order” (> 0,40 ou <-0,40) entre os minerais presentes em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental.	142
Tabela XXVII - Coeficientes de correlação de Spearman “transformados” em função dos tipos litológicos, entre os minerais observados por raio X em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental.	142
Tabela XXVIII - “Factor loadings” dos 4 primeiros factores obtidos após análise de componentes principais (ACP) com os 10 mais representativos minerais identificados por difracção de raios-x em amostras de sedimentos de corrente de Portugal.	144
Tabela XXIX - Variância explicada dos modelos de regressão para cada mineral em função das litologias e das Zonas Geoestruturais.	149
Tabela XXX - Coeficientes de correlação de Spearman entre minerais e teores de 20 elementos analisados em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental.	150
Tabela XXXI - Coeficientes de correlação de Spearman “transformados” em função dos tipos litológicos.	151
Tabela XXXII - Variância explicada pelos modelos de regressão para cada elemento em função das Litologias, das Zonas Geoestruturais, Al, Fe, Mn (e Ca para o Sr), e Minerais identificados em mais de 10% das 140 amostras seleccionadas para análise por DRX.	153
Tabela XXXIII - “Eigenvalues” (valores próprios) e variância explicada de cada uma das 31 componentes, obtidas após ACP sobre o “rank” de 20 elementos e 11 minerais analisados em 140 amostras de sedimentos de corrente.	155
Tabela XXXIV - “Factor loadings” dos 6 primeiros factores obtidos após análise de componentes principais (ACP) com os “ranks” de 20 elementos químicos e 11 minerais observados em 140 amostras de sedimentos de corrente de Portugal.	156

Tabela XXXV - Variância explicada dos modelos de regressão em função das Litologias e das Zonas Geoestruturais em sedimentos de corrente de Portugal Continental (os teores foram previamente logtransformados).	159
Tabela XXXVI - Comparação dos teores médios e gama de teores em 653 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental com a abundância dos elementos nas rochas da crosta continental superior.	164
Tabela XXXVII - Mobilidade dos elementos estudados em ambiente superficial.	165
Tabela XXXVIII - Variância explicada pelos vários modelos de regressão e pelos factores resultantes da ACP (sobre o “rank” dos dados) aplicados a amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental, para 8 elementos maiores e 12 elementos traço.	170
Tabela XXXIX - Correlações entre a densidade populacional (em logaritmos) e as 8 primeiras componentes (CPs) calculadas sobre o “rank” dos dados em 653 amostras de sedimentos de corrente de Portugal Continental.	180
Tabela XL - Valores Guia (VG) e Valores Limite (VL) propostos por JELTSCH & PYY (in TARVAINEN, 1996) para 6 elementos e Nível sem Efeito (L3) e Nível de Tolerância (L5) propostos por BAUD <i>et al.</i> (1990) para 8 elementos.	191
Tabela XLI - Alguns estatísticos (ppm) calculados para 8 elementos.	195