



Obras de Remediação Ambiental da
Antiga Área Mineira do Vale da Abrutiga

RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS



Fase de Pós-Implementação

Novembro de 2010

Índice

I. INTRODUÇÃO.....	2
II. ANTECEDENTES.....	3
III. PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO.....	3
III.1 LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	4
III.2 PARÂMETROS ANALISADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE.....	4
III.3 COLHEITA DE AMOSTRAS.....	6
III.4 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DADOS.....	6
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
IV.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	7
IV.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	9
V. MEDIDAS CORRECTIVAS IMPLEMENTADAS.....	20
VI. CONCLUSÕES.....	22

I. Introdução

As “Obras de Remediação Ambiental da Antiga Área Mineira do Vale da Abrutiga”, concluídas em Outubro de 2008, tiveram como principais objectivos:

- Confinar os depósitos de resíduos desta área mineira, reduzindo-se os elevados níveis de radiação gama e das emanações do gás radão a valores admissíveis e eliminar a dispersão eólica de poeiras;
- Eliminar as escorrências ácidas geradas a partir das escombreyras com elevadas cargas em metais pesados e radionuclídeos;
- Criar condições de segurança resultantes da estabilidade geomecânica de taludes;
- Melhoria substancialmente significativa no enquadramento paisagístico desta área;

Este relatório, correspondente a uma campanha trimestral de monitorização de águas subterrâneas e superficiais do mês de Julho de 2010, foi elaborado de acordo com a DIA. Esta monitorização visa avaliar a minimização dos impactes na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, permitindo obter informação de forma a caracterizar e compreender a tendência de evolução deste descritor ambiental, quer espacial, quer temporalmente.

São, ainda, objectivos da monitorização em curso:

- Verificar e avaliar a eficácia do projecto implementado para evitar ou reduzir os impactes negativos gerados pela antiga área mineira de Vale da Abrutiga;
- Verificar a ocorrência de impactes em situações de incerteza e detectar a ocorrência de impactes inesperados;
- Verificar a eficácia das medidas adoptadas e a eventual necessidade de adoptar novas medidas mais eficazes.

No âmbito de aplicação deste plano e no que se refere à colheita das amostras recorreu-se à empresa AMBICANAS, GEOTECNIA E AMBIENTE, LDA., tendo sido este relatório elaborado por Helena Gomes e Rui Pinto (Eng. do Ambiente), de acordo com a Portaria Nº 330/2001, de 2 de Abril.

II. Antecedentes

O Projecto de Execução das Obras de Remediação Ambiental da Antiga Área Mineira do Vale da Abrutiga foi submetido a processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), tendo obtido uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável condicionada a 21 de Setembro de 2007.

Entretanto e na sequência de uma comunicação da EDM a 25 de Setembro de 2007 e de uma reunião a 16 de Outubro, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) introduziu as seguintes alterações ao Programa de Monitorização estipulado na DIA:

- A montante da corta, onde tinha sido proposta a construção de três novos piezómetros poderá ser construído apenas um. O novo piezómetro poderá ser instalado durante a fase de obra, não sendo obrigatória a sua construção na fase de pré-construção.
- A jusante da corta, na fase de pré-construção, não será necessária a construção dos dois novos piezómetros, desde que os piezómetros a jusante da cota P1 e P2 sejam executados imediatamente a seguir à remoção de todo o material da escombreira.

Quanto à obra, decorreu em duas fases, a 1ª fase entre Outubro de 2007 e Abril de 2008 e a 2ª fase teve início em Junho de 2008, tendo os trabalhos sido concluídos em final de Outubro de 2008.

III. Programa de Monitorização

Apresenta-se de seguida, os principais aspectos do Plano de Monitorização da Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas, nomeadamente os locais de amostragem, parâmetros analisados e métodos de análise, colheita de amostras e critérios de avaliação de dados.

III.1 Locais de Amostragem

Águas Superficiais

- Linhas de água: pontos WER 01, WER 02, WER 03, WER 04;
- Albufeira da Agueira: WEA 01, WEA 02, WEA 03.

Águas Subterrâneas

- Furos WEF1, WEF2, WEF3 e WEF4 e os novos piezómetros WEF-Pz5 e WEF-Pz6.
- Pares piezométricos WEF-PP1A, WEF-PP1B, WEF-PP2A, WEF-PP2B, WEF-PP3A e WEF-PP3B;

Na Figura 1 apresenta-se a localização sobre a carta militar dos pontos de amostragem. No CD que acompanha o relatório é enviada a sua localização em formato digital, com a respectiva cartografia digital e georreferenciada (ficheiros jpg e shapefile).

III.2 Parâmetros Analisados e Métodos de Análise

Aquando da colheita das amostras, foram determinados *in situ* os parâmetros: pH, Condutividade, potencial REDOX e Temperatura, bem como o nível da água, no caso dos furos e piezómetros.

As análises foram efectuadas pelos seguintes laboratórios: CONTROLAB - Laboratório de Análises Químicas, Físicas e Biológicas, Lda. e IMAR – Instituto do Mar (Universidade de Coimbra) tendo neles sido determinados os seguintes parâmetros: sulfatos, manganês, ²²⁶Ra e Urânio total, de acordo com as alterações ao plano de monitorização propostas em anteriores relatórios, na sequência dos resultados agora obtidos e do histórico existente.

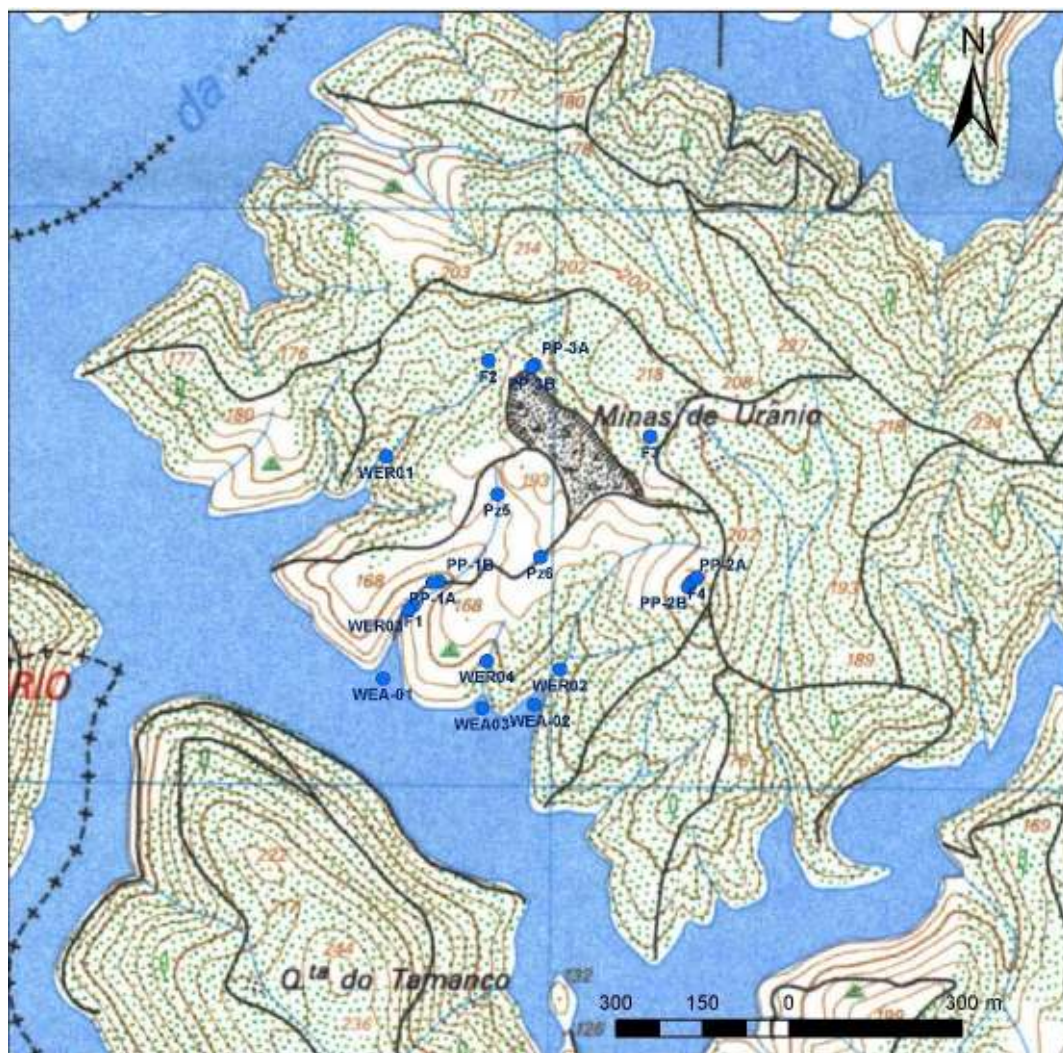


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem.

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros analisados em laboratórios acreditados, bem como os respectivos métodos de análise e limites de detecção.

Tabela 1 – Parâmetros analisados, método de análise e respectivo limite de detecção.

Parâmetros	Método de análise	Limite de detecção
Urânio total	Espectrometria de cintilação líquida	1 µg.l ⁻¹
²²⁶ Ra	Espectrometria de cintilação líquida	0.01 Bq.l ⁻¹
Sulfatos	Cromatografia iónica	1 mg/l
Manganês	Espectrometria atómica - ICP	0.001 mg/l

III.3 Colheita de amostras

As amostras foram colhidas trimestralmente nos pontos de amostragem já identificados, não tendo sido possível a colheita em alguns dos locais de amostragem previstos por dificuldade circunstancial de acesso ao local ou em consequência da inexistência de água (locais secos).

III.4 Critérios de Avaliação de Dados

Os resultados das análises laboratoriais efectuadas, foram analisados tendo em consideração os objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais – Anexo XXI do Decreto Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, e as normas de qualidade das águas destinadas à rega – Anexo XVI, do mesmo diploma.

Dado que a legislação nacional não contempla os parâmetros radiológicos analisados, recorreu-se, numa posição conservadora, à norma USEPA CFR40 “*Protection of Environment – Part 141*”, para água de consumo humano que contempla os parâmetros Rádio-226 e Urânio Total, cujos limites são, respectivamente, 0,185 Bq/l (para Ra-226 + Ra-228) e 30 µg/l.

Nos EUA, os valores limite estabelecidos para a descarga de efluentes da actividade mineira de urânio (Norma USEPA CFR440.32 “*Effluent limitations for mine drainage from open pit and underground uranium mines*”) para os parâmetros ²²⁶Ra e Urânio são substancialmente mais elevados, 1.11 Bq/l e 4000 µg/l, respectivamente, para os valores diários.

IV. Resultados e Discussão

IV.1 Águas Superficiais

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados dos parâmetros expeditos determinados *in situ* aquando da colheita das amostras de águas superficiais.

Tal como exigido na DIA, no CD em anexo ao relatório são apresentados os dados da monitorização em formato digital (ficheiro Excel), quer para as águas superficiais, quer para as subterrâneas.

Tabela 2 – Parâmetros determinados *in situ* aquando da colheita das amostras.

Amostra	Data	pH	Condutividade (µS/cm)	T (°C)	Eh (mV)
WEA01	21-06-2010	8,60	124	231,0	-101
WEA 02	21-06-2010	8,36	81	23,8	-88
WEA 03	21-06-2010	8,32	78	24,2	-86
WER 001	21-06-2010	3,79	1984	17,6	175
WER 002	21-06-2010	Seco			
WER 003	21-06-2010	Seco			
WER 004	21-06-2010	Seco			

Verifica-se que as amostras colhida em três locais diferentes na albufeira da Aguieira apresentam valores semelhantes para todos os parâmetros analisados e consistentes com os que têm vindo a ser registados em anteriores campanhas de monitorização, revelando boa qualidade.

No caso das que se designam por linhas de água, que mais propriamente correspondem a linhas de festo, conduzindo caudais reduzidos, de valores médios inferiores a 10 l/s. Estas linhas de água têm carácter temporário, e devido ao regime torrencial da precipitação, verifica-se a existência de caudal apenas no Inverno, enquanto que no Verão estão secas. Na Primavera, de um modo geral, o escoamento é relativamente uniforme e vai diminuindo à medida que se aproxima o Verão. Isto apesar do confinamento e selagem dos materiais de escombreira, tornou menos permeável a área, o que origina uma maior quantidade de água naquelas linhas de festo relativamente à que anteriormente se registava.

À data desta campanha, apenas uma das linhas de água amostradas WER01 apresentava caudal e revelava acidez. Ponderada a causa, e dado que esta acidez é gerada ao longo do leito constituído por xisto piritoso, sem quaisquer sedimentos de corrente, tudo indica que decorrerá da limpeza destas linhas de fecho produzida por exigência das medidas de projecto da DIA.

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados obtidos na determinação dos parâmetros radiológicos e químicos monitorizados nas águas superficiais. Constata-se que nas amostras recolhidas na albufeira da Aguieira (WEA) os valores de ^{226}Ra e de U_{total} se encontram **abaixo do limite de detecção**. Por sua vez, na linha de água WER001, as concentrações em urânio total mantêm-se muito elevadas, com um caudal residual. Dada a natureza piritica das rochas e expondo às condições atmosféricas os xistos, geradores de acidez sob a forma de ácido sulfúrico (revelado pelas elevadas concentrações de sulfatos) que, por sua vez, solubiliza o urânio e o manganês, que também apresenta um valor elevado (Tabela 3). No entanto, os valores até agora obtidos, quando comparados com os anteriores à obra, já evidenciam melhorias com significado, como está patente na Figura 2, em que se evidencia uma notória descida das concentrações, com excepção da última campanha de monitorização, em que o menor caudal do mês de Junho corresponde a um ligeiro aumento das concentrações (efeito de concentração).

Tabela 3 – Parâmetros radiológicos e químicos monitorizados nas águas superficiais.

Código Amostra	Data	^{226}Ra (Bq/l)	U total ($\mu\text{g/l}$)	SO_4^{2-} (mg/l)	Mn (mg/l)
WEA 01	21-06-2010	< 0,01	< 1.0	5,4	< 0,05
WEA 02	21-06-2010	< 0,01	< 1.0	5,4	0,07
WEA 03	21-06-2010	< 0,01	< 1.0	7,2	< 0,05
WER 001	21-06-2010	< 0,01	1630	1100	10

Comparando os resultados obtidos com os objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais estipulados no Anexo XXI do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, verifica-se que na albufeira da Aguieira todos os objectivos são cumpridos, sendo que a grande maioria dos parâmetros analisados apresenta valores inferiores aos critérios estabelecidos.

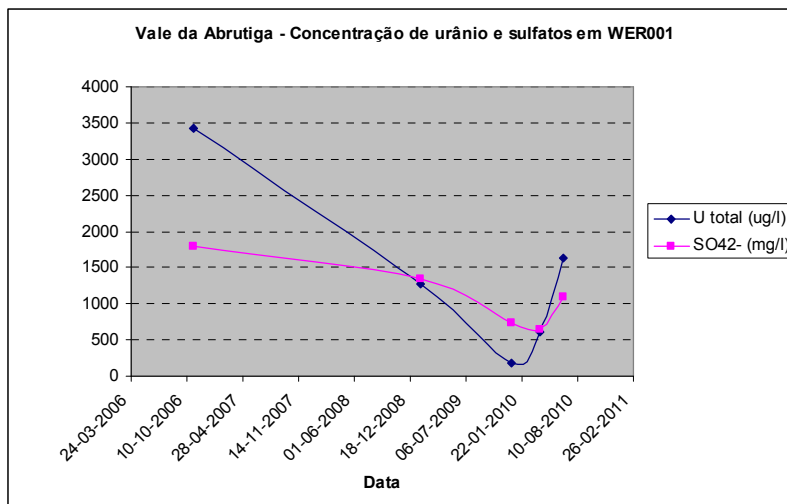


Figura 2. Evolução das concentrações de urânio e sulfatos na linha de água WER001.

IV.2 Águas Subterrâneas

Relativamente às águas subterrâneas amostradas, optou-se por apresentar em gráfico a evolução dos diferentes parâmetros e grandezas determinadas, antes, durante e após a obra. Assim, nas figuras seguintes apresentam-se os dados de níveis de água, pH, condutividade, urânio total, ^{226}Ra , sulfatos e manganês relativos a furos e piezômetros na envolvente da antiga área mineira de Vale da Abrutiga.

Relativamente à evolução dos níveis da água nos locais monitorizados, observa-se que têm apresentado o comportamento expectável, com subidas nos níveis medidos nos períodos de pluviosidade mais intensa.

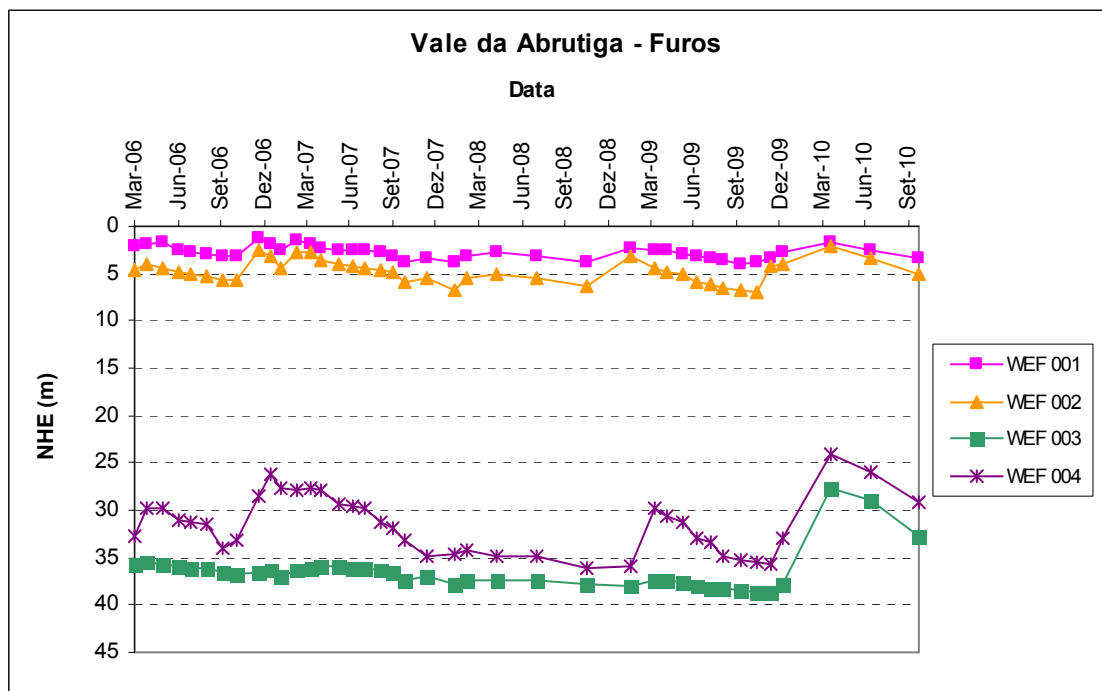


Figura 3. Evolução dos níveis nos furos existentes na antiga área mineira.

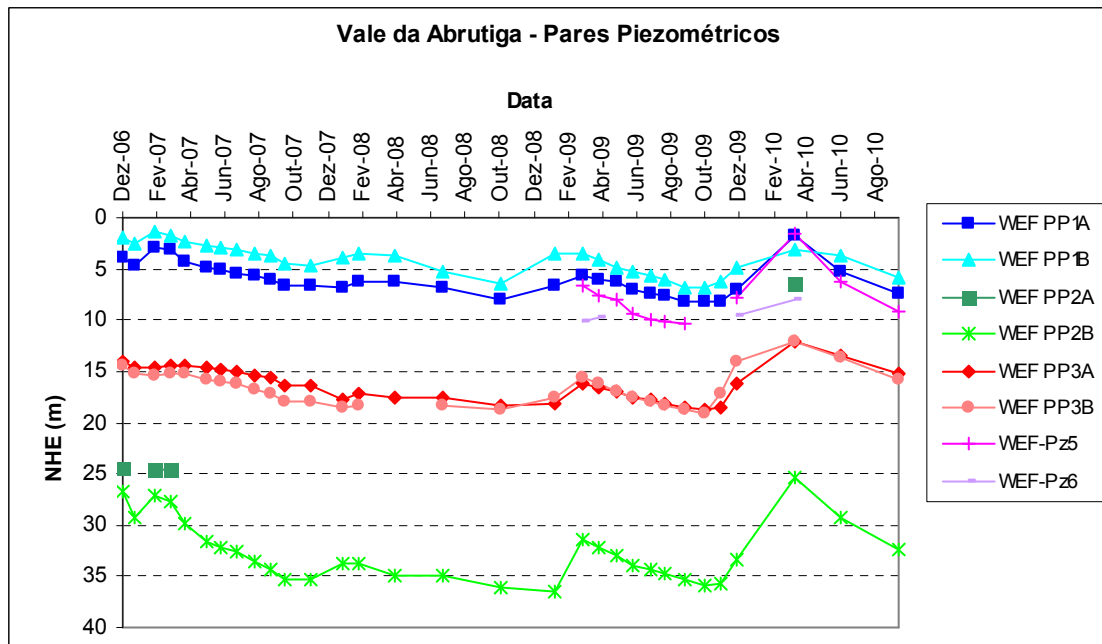


Figura 4. Evolução dos níveis nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

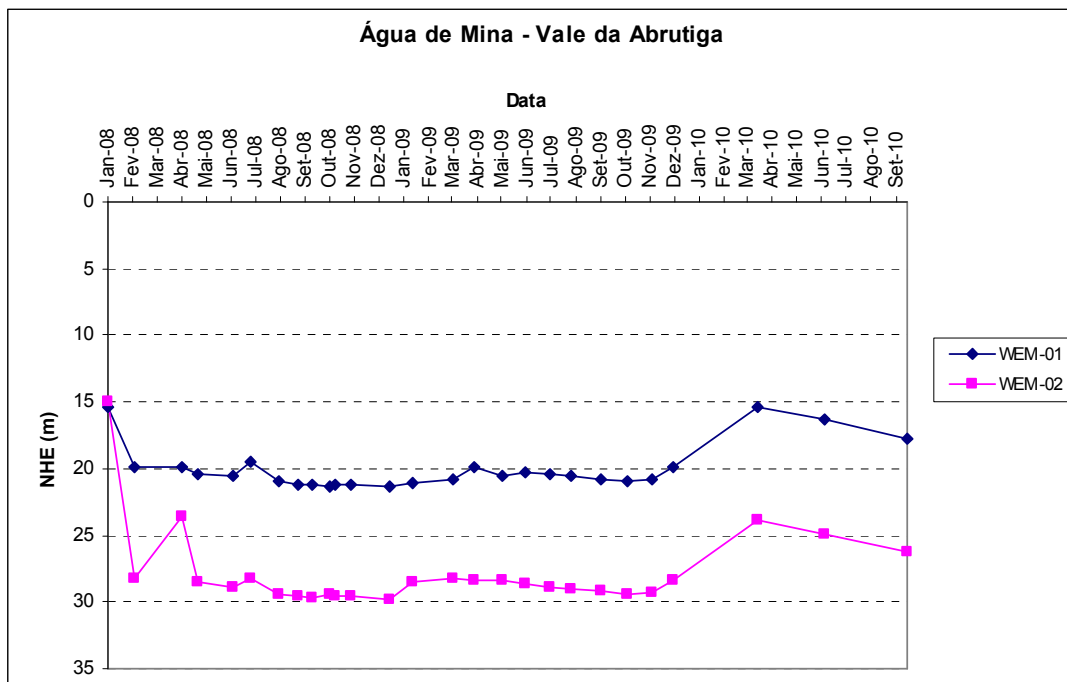


Figura 5. Evolução dos níveis nos poços instalados na antiga corta da mina de Vale da Abrutiga.

Relativamente aos valores de pH observados, é importante destacar a subida dos valores de pH medidos na água no interior da antiga área mineira, conforme se constata na Figura 9. Nos restantes locais, os valores medidos são idênticos, com excepção do Furo 2 (WEF002), conforme já referido em relatórios anteriores, situado a montante da área mineira que apresenta um aumento da condutividade e uma redução do pH, a par de um aumento das concentrações em sulfatos e manganês. Estes valores dever-se-ão a um escoamento sub-superficial e à acumulação de águas de escorrência neste local, acidificadas devido à geologia subjacente.

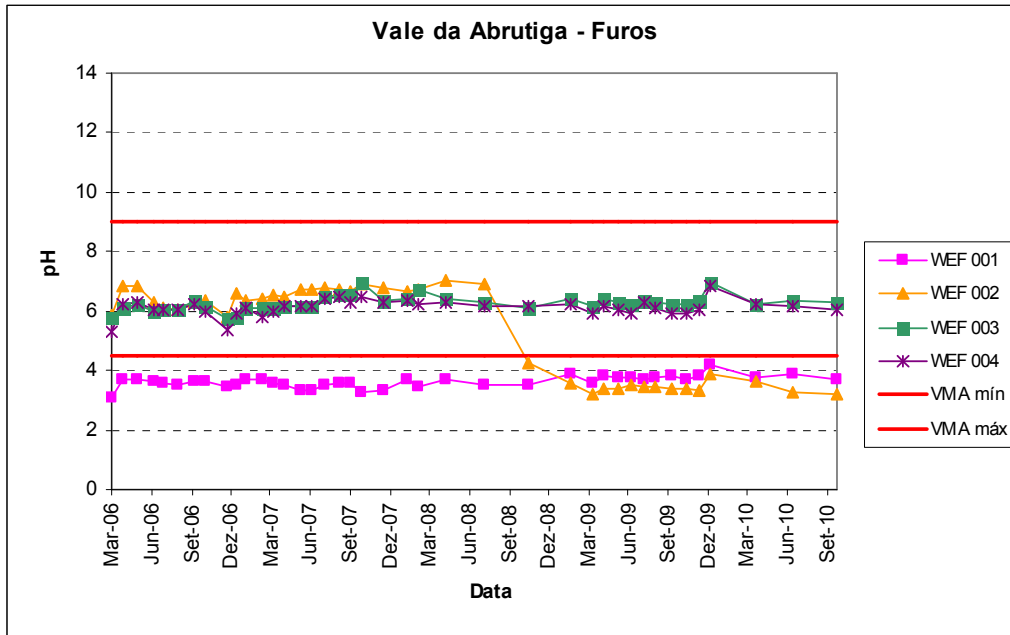


Figura 6. Evolução do pH nos furos existentes na antiga área mineira.

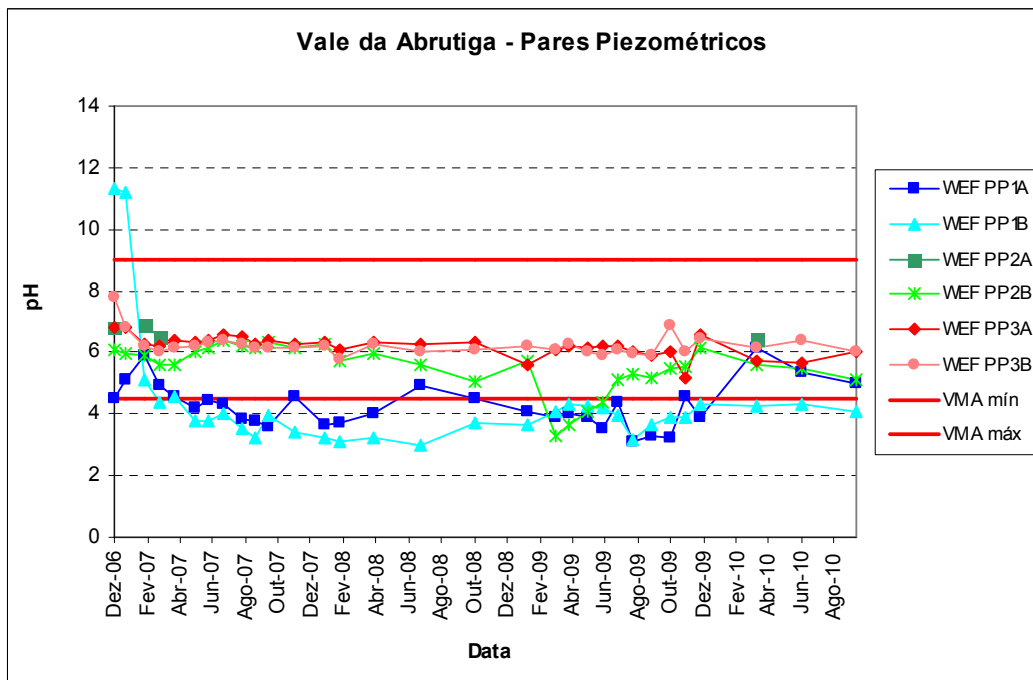


Figura 7. Evolução do pH nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

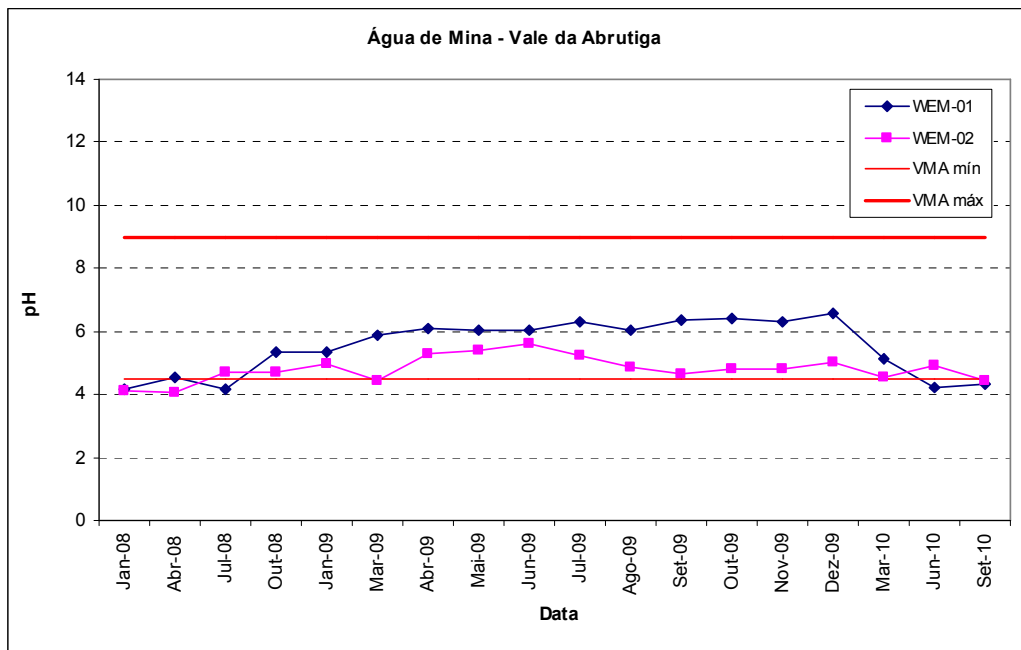


Figura 8. Evolução dos valores de pH nos poços instalados na antiga corta da mina de Vale da Abrutiga.

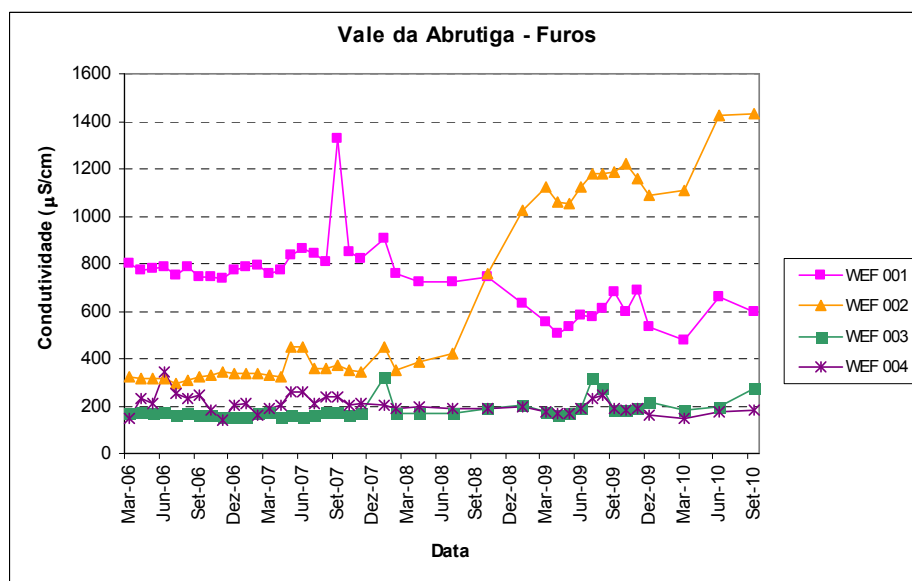


Figura 9. Evolução da condutividade nos furos existentes na antiga área mineira.

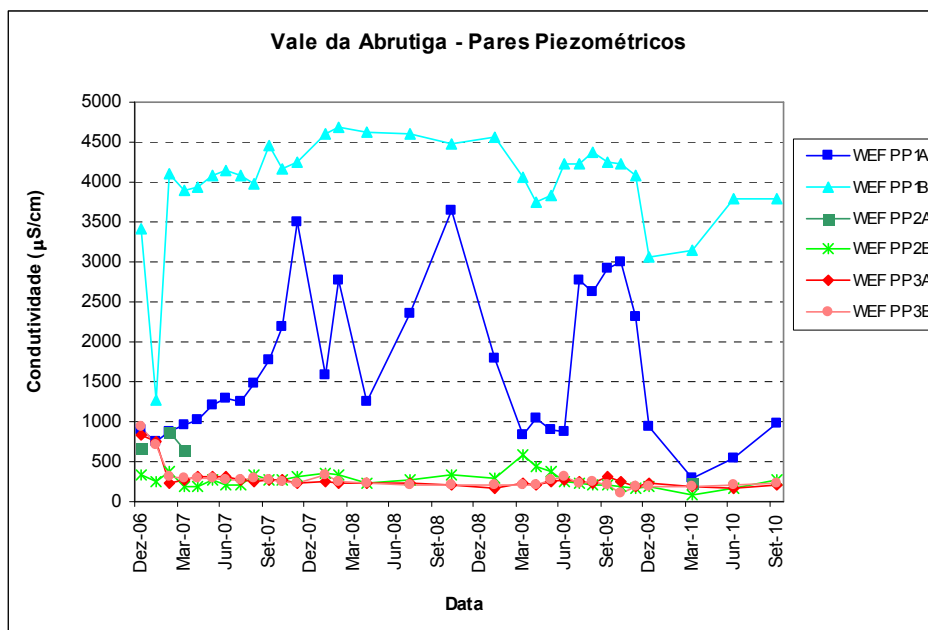


Figura 10. Evolução dos valores de condutividade nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados dos restantes parâmetros químicos nas águas subterrâneas, na campanha de amostragem de Junho de 2010. Comparando os resultados obtidos com os critérios de qualidade estipulados no Anexo XVI do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, verifica-se que os valores de sulfatos e manganês ultrapassam os limites legais nos locais de amostragem WEF002 e WEF-Pz5. No caso dos parâmetros radiológicos, os valores agora medidos evidenciam uma melhoria da qualidade das águas em relação às campanhas anteriores. Todas as actividades de ²²⁶Ra apresentam valores inferiores ao limite estabelecido para águas de consumo humano e no caso do urânio total, apenas os pontos WEF-PP1A, WEF-PP1B e WEF-Pz5 apresentam valores superiores ao limite de 30 µg/l definido para o consumo humano.

Tabela 4 – Resultados analíticos das águas subterrâneas.

Código Amostra	Data	NHE (m)	pH	Cond. (µS/cm)	T (°C)	Eh (mV)	²²⁶ Ra (Bq/l)	U total (µg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Mn ²⁺ (mg/l)
WEF 001	21-06-2010	2,50	3,88	659	15,9	169	< 0,01	3	230	1,4
WEF 002	21-06-2010	3,47	3,26	1424	17,7	206	< 0,01	7	610	11
WEF 003	21-06-2010	29,00	6,34	195	16,4	30	0,03	2,40	11	0,61
WEF 004	21-06-2010	26,05	6,15	178	15,4	40	0,03	< 1	24	< 0,05
WEF - PP1A	21-06-2010	5,28	5,33	539	16,3	86	< 0,01	90	200	4,3
WEF - PP1B	21-06-2010	3,66	4,35	3790	16,0	142	< 0,01	177	270	53
WEF - PP2B	21-06-2010	29,30	5,49	157	15,8	78	< 0,01	< 1	27	0,3
WEF - PP3A	21-06-2010	13,50	5,64	170	17,2	70	< 0,01	< 1	25	0,82
WEF - PP3B	21-06-2010	13,74	6,40	215	17,7	26	< 0,01	6,1	35	0,37
WEF - Pz5	21-06-2010	6,25	3,88	3470	17,6	170	0,08	220	2300	86

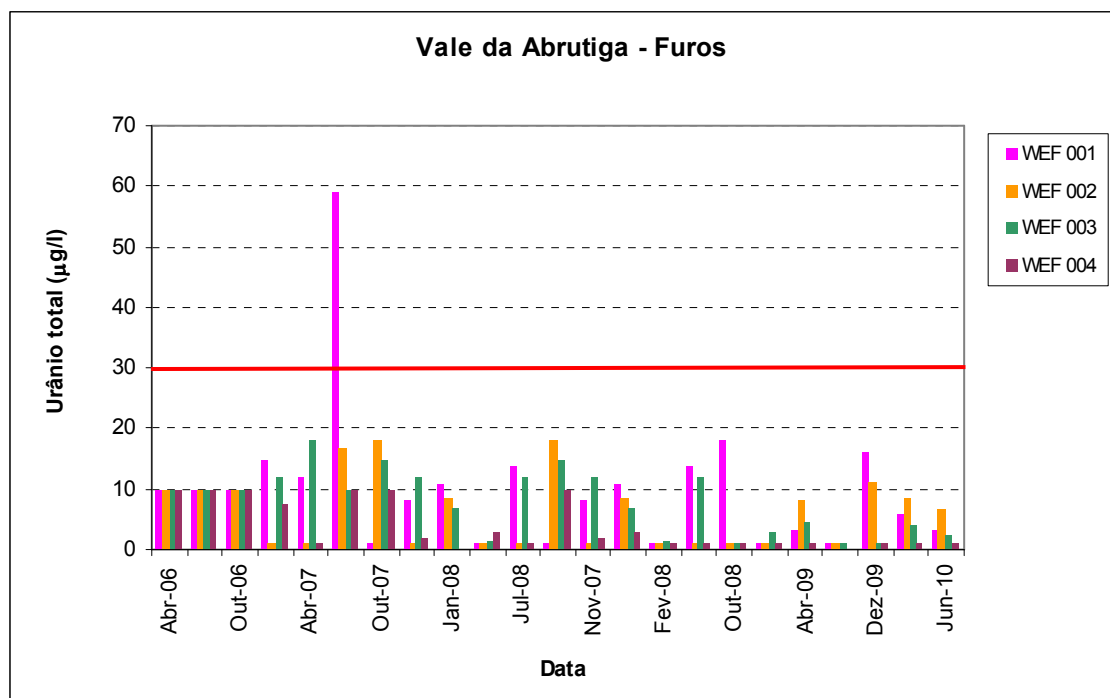


Figura 11. Evolução da concentração em urânio total nos furos existentes na antiga área mineira.

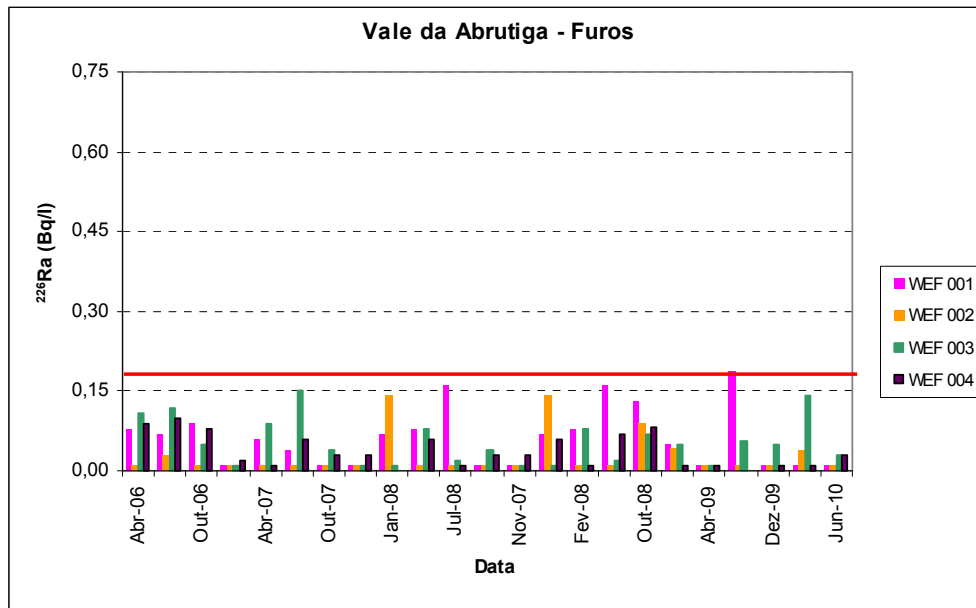


Figura 12. Evolução da actividade do ^{226}Ra nos furos existentes na antiga área mineira.

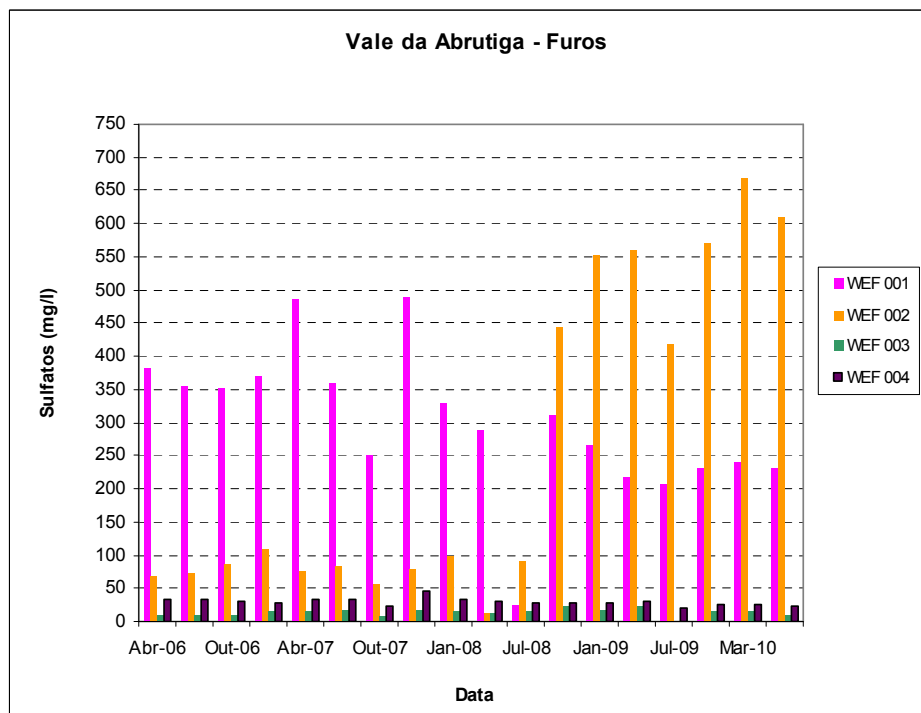


Figura 13. Evolução da concentração em sulfatos nos furos monitorizados.

Observa-se que não existem alterações significativas nos parâmetros monitorizados ao longo de todo o período de monitorização, apresentando sim variações sazonais dos parâmetros, que ocorrem naturalmente com a alternância de períodos de maior e menor precipitação. Tal como observado nas campanhas pós-implantação anteriores, a exceção é o ponto WEF 02, situado a montante da antiga corta da área mineira que apresenta um aumento da condutividade e uma redução do pH, a par de um aumento das concentrações em sulfatos e manganês. Estes valores dever-se-ão a um escoamento sub-superficial e à acumulação de águas de escorrência neste local, acidificadas devido à geologia subjacente aos solos existentes que ficaram expostos após a remoção da escombreira. Os valores observados no par piezométrico mais próximo PP3 assim o confirmam, uma vez que, nem no piezómetro superficial (A), nem no piezómetro profundo (B), se observa esta tendência.

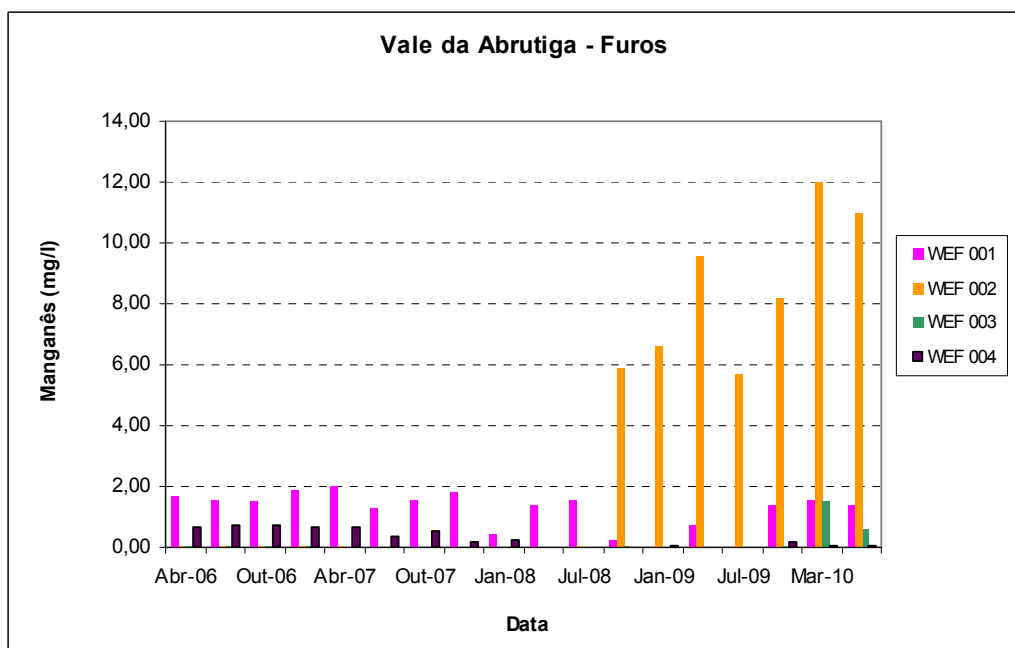


Figura 14. Evolução da concentração em manganês nos furos existentes na antiga área mineira.

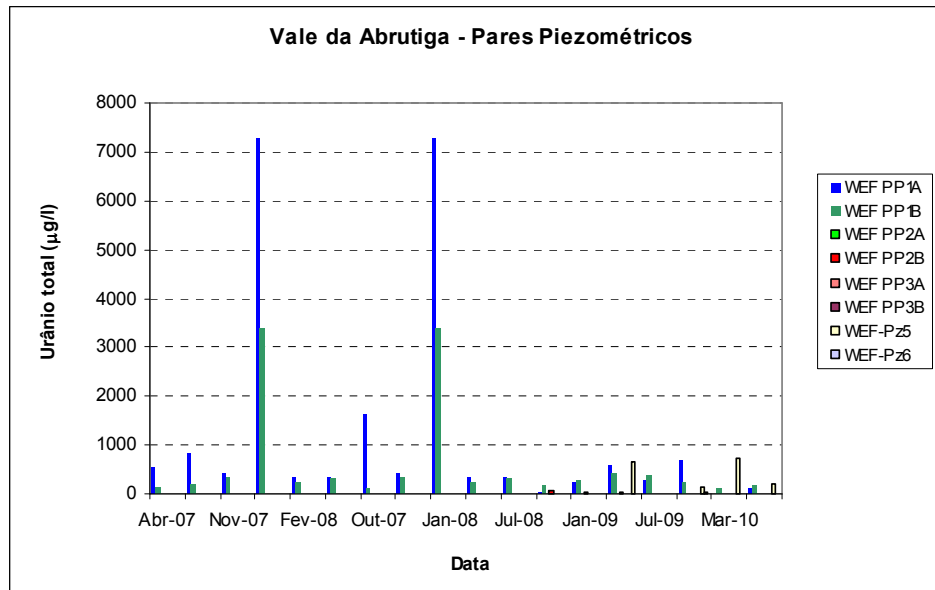


Figura 15. Evolução das concentrações em urânio total nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

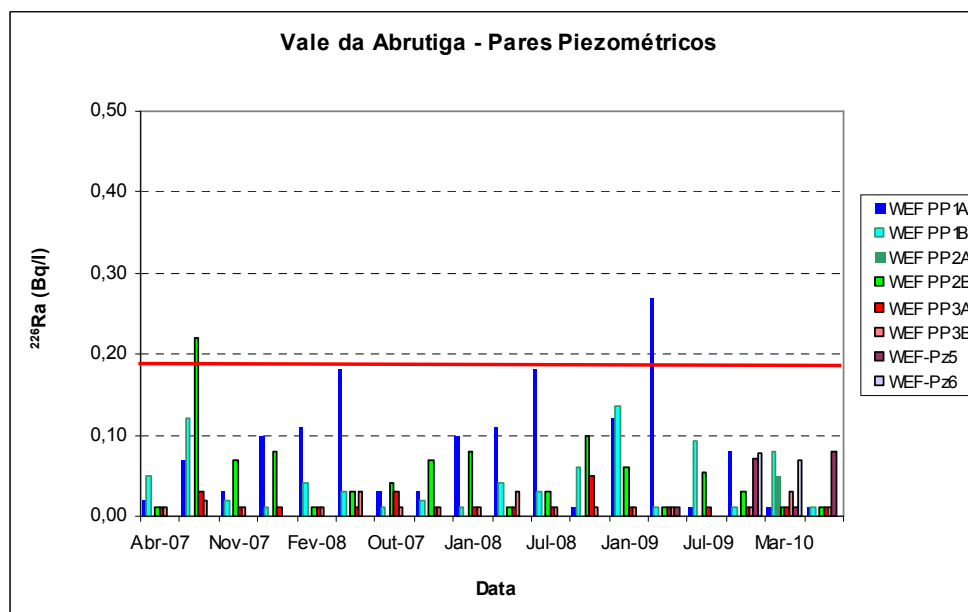


Figura 16. Evolução das actividades de ^{226}Ra nos piezómetros existentes na antiga área mineira.

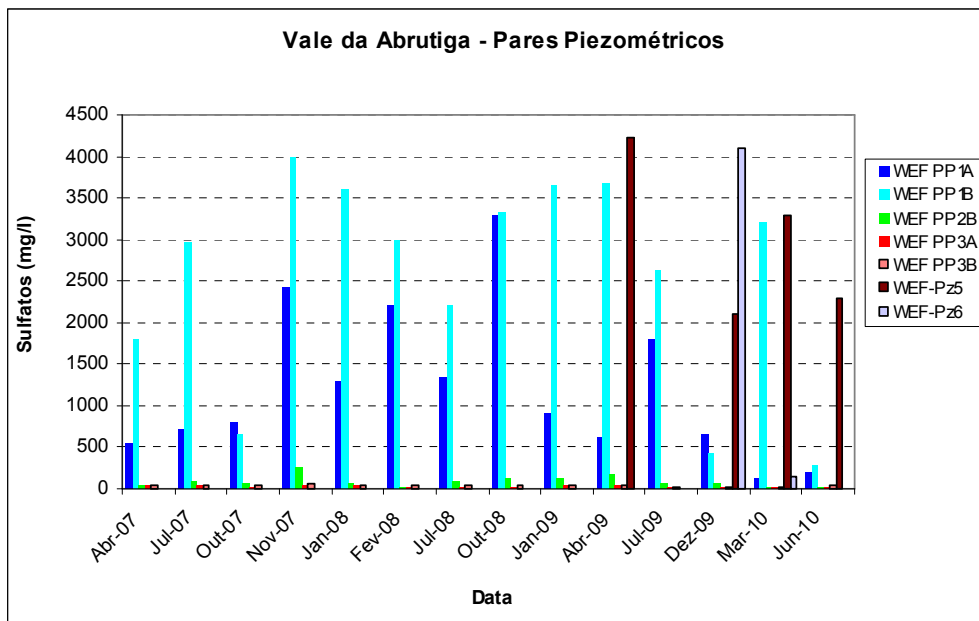


Figura 17. Evolução das concentrações em sulfatos nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

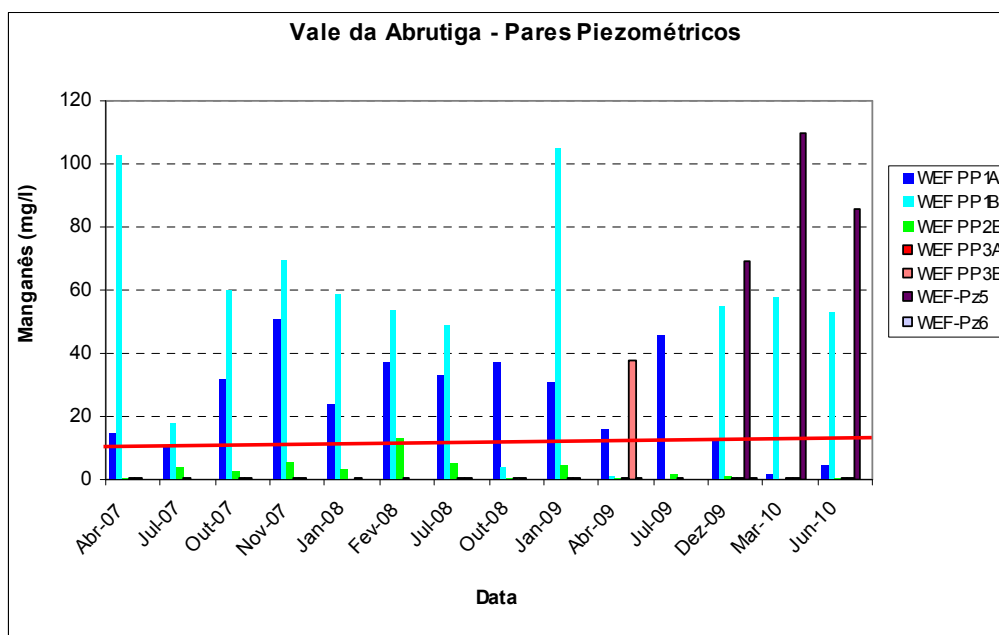


Figura 18. Evolução das concentrações em manganês nos piezômetros existentes na antiga área mineira.

Tem-se verificado uma evolução claramente positiva no piezométrico PP1, que sistematicamente apresentava concentrações mais elevadas em radionuclídeos, sulfatos e manganês e, conseqüentemente, uma pior qualidade da água. Também o novo piezómetro Pz5 apresenta valores elevados de urânio, sulfatos, alumínio, cobre e zinco, consistentes com a natureza piritica dos materiais geológicos.

V. Medidas Correctivas Implementadas

Uma vez que a limpeza das linhas de água, implementada na sequência das exigências da DIA, a jusante da zona de antiga exploração mineira e dos trabalhos de recuperação ambiental desenvolvidos, se revelou contraproducente, visto ter-se introduzido um desequilíbrio nos solos naturalmente estabilizados, pela remoção de vegetação autóctone, e tendo em conta os resultados obtidos nas anteriores campanhas de monitorização da qualidade das águas, nomeadamente os valores de acidez medidos nas linhas de água temporárias, já após esta colheita de amostras, foi realizada uma intervenção nesta antiga área mineira (ver Figuras 19 e 20), com a colocação de enrocamento calcário nas linhas de água que foram sujeitas a limpeza e cuja rocha piritica está exposta à acção das águas da chuva, de forma a permitir uma subida do pH e conseqüente melhoria da qualidade da água, estabilizando o solo, já que permite represar os sedimentos gerados na corrente de águas pluviais e selar progressivamente o *bed-rock* piritoso.



Figura 19. Vista das linhas de água antes da colocação de enrocamento calcário.



Figura 20. Vista das linhas de água após a colocação de enrocamento calcário.

VI. Conclusões

Os resultados obtidos nas campanhas pós-implementação realizadas evidenciam uma tendência para a melhoria da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, após a conclusão das obras.

As análises efectuadas evidenciaram águas superficiais na Albufeira da Agueira com boa qualidade de acordo com os critérios utilizados. Relativamente às linhas de água monitorizadas, os resultados revelam problemas de acidez que resultam directamente da lixiviação dos materiais geológicos naturais existentes pelas águas das chuvas, mas com uma evolução positiva nos principais parâmetros, em comparação com os valores medidos antes da execução da obra. Após a colocação do enrocamento calcário nas linhas de água que foram sujeitas à limpeza, expondo a rocha-mãe, espera-se subir, a médio prazo, o pH e melhorar a qualidade das águas. A vegetação que se venha a estabelecer nas linhas de água permitirá a renaturalização destas zonas.

Também em relação às águas subterrâneas se observaram melhorias nos principais parâmetros monitorizados (urânio, rádio, sulfatos e manganês).