

# REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL DO ATERRO DE REJEITADOS DA BARRAGEM VELHA DA MINA DA URGEIRIÇA

## ENVIRONMENTAL RECOVERY OF THE OLD TAILINGS LANDFILL OF THE URGEIRIÇA MINE

Sousa Cruz, Jorge, *Lisconcebe, Lisboa, Portugal*, [jorge.cruz@lisconcebe.pt](mailto:jorge.cruz@lisconcebe.pt)  
Vieira, Carlos, *Lisconcebe, Lisboa, Portugal*, [carlos.vieira@lisconcebe.pt](mailto:carlos.vieira@lisconcebe.pt)

### RESUMO

A Mina da Urgeiriça, considerada em tempos como um dos mais importantes jazigos de rádio da Europa, encontra-se actualmente abandonada após 78 anos de actividade, em que a maior parte dos escombros de lavra da mina se foram depositando no exterior, à superfície, formando aterros dispersos de estéreis de que a designada Barragem Velha se constitui como o maior. Estes aterros possuem elevadas concentrações em metais pesados, particularmente de elementos radioactivos, determinando o seu isolamento através de barreiras impermeabilizantes, associadas a medidas de estabilização de taludes, de controlo da drenagem das águas superficiais e ácidas residuais de percolação, e a medidas de monitorização. O presente artigo descreve os estudos e as medidas adoptadas no âmbito de um projecto global, precursor duma actuação planeada de requalificação hidrológica ambiental, com efeitos que vão para além do perímetro da área mineira.

### ABSTRACT

The Urgeiriça Mine, considered as one of the most important uranium sites in Europe, is now-days abandoned after 78 years of activity, in which, most part of the tailings have been left in depot outside the mine, over the surface, in hydraulic tailings landfill, in disperse places, in which the Barragem Velha is the biggest one of them. This kind of tailings have a high concentration in heavy metals, in particular, radioactive elements, which leads to the need of their isolation, using impermeable barriers, and other closure measures such as slope stabilization, drainage control on surface running water and acid deep water percolation, as well as monitoring measures. The present article describes the studies and the adopted measures according to a global intervention for a closure case planed beyond the perimeter of the mining area, aiming the environmental and hydrological recovery.

### 1. INTRODUÇÃO

O Projecto designado por “Obras de Estabilização de Taludes, Selagem e Drenagem do Aterro da Barragem Velha de Rejeitados da Mina da Urgeiriça”, teve como objectivo o estudo e a definição das medidas estruturais prioritárias de remediação e de requalificação ambiental da área mineira da Urgeiriça.

O Projecto, actualmente em fase de obra, enquadra-se no cumprimento das medidas estabelecidas no Estudo Director de Áreas de Minérios Radioactivos – 2ª. Fase” (EXMIN, 2002 / 2003), garantindo que os resíduos não constituam uma fonte de exposição e de contaminação de pessoas e de bens a radiações ionizantes, quer na actualidade quer no futuro.

## 2. ENQUADRAMENTO

### 2.1 A área mineira da Urgeiriça

A Mina da Urgeiriça, considerada em tempos como um dos mais importantes jazigos da Europa, iniciou em 1913 a sua actividade, tendo centrado até 1944 a sua exploração, exclusivamente, na produção de rádio. Em 1973 terminou a sua actividade por lavra subterrânea convencional, sem que três anos antes tivesse iniciado a exploração por lixiviação estática in situ dos antigos desmontes, a qual só terminaria em 1991.

A instalação mineira industrial desta mina produziu até à actualidade cerca de 4400 toneladas de óxido de urânio, sendo 25% a partir de minérios da Urgeiriça e 75% de minérios oriundos de outras minas da região.

Ao longo dos anos da actividade mineira, a maior parte dos escombros da lavra desta mina e das outras foram sendo depositados no exterior, à superfície, tendo-se, nestas circunstâncias, constituído ao longo daqueles anos a Barragem Velha como uma das mais importantes bacias de estêreis da região.

### 2.2 Plano e estudo directores

Os depósitos da Barragem Velha, localizada no interior da área da exploração mineira da Urgeiriça, no distrito de Viseu, concelho de Nelas, freguesia de Canas de Senhorim, fazem parte de um conjunto de aterros a céu aberto, com elevadas concentrações em metais pesados, particularmente de elementos radioactivos, com origem na exploração local, mas também de outras minas abandonadas da região.

O Projecto das Obras de Estabilização de Taludes, Selagem e Drenagem do Aterro da Barragem Velha de Rejeitados da Mina da Urgeiriça levado a cabo visou, assim, a concretização da primeira das etapas definidas no Plano Director de Remediação Ambiental da Área Mineira da Urgeiriça, estabelecido no “Estudo Director de Áreas de Minérios Radioactivos – 2ª. Fase” (EXMIN, 2002 / 2003), cuja abrangência e faseamento se apresenta na Figura 1.

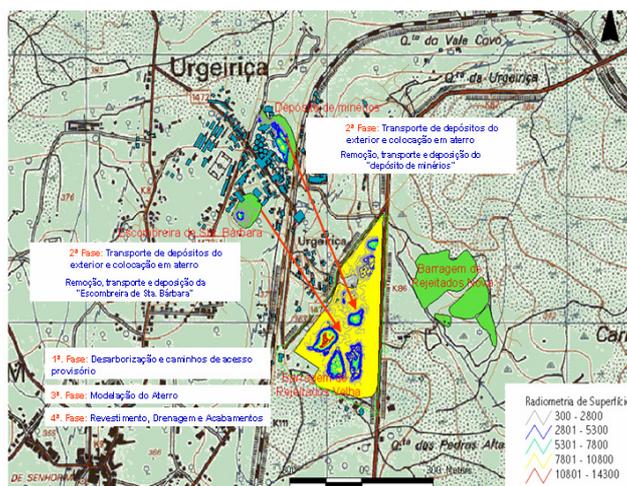


Figura 1 - Primeira Etapa do Plano Director da Urgeiriça com indicação da localização dos depósitos de resíduos ocorrentes na área mineira da Urgeiriça e das respectivas isolinhas dos valores de radiometria de superfície.

O projecto realizado cumpre, igualmente, com os requisitos hidroquímicos e radiológicos internacionalmente aceites, sendo objectivo pós remediação, em relação aos primeiros, a obtenção dos valores estabelecidos na legislação nacional (Dec.Lei 236/98) e comunitária. No caso de U e 226Ra, na ausência de legislação específica, tomaram-se os limites consignados nos EUA e no Canadá para estes elementos. Relativamente aos requisitos radiológicos tomou-se como objectivo pós-remediação o valor de referência de dose de radiação máxima admissível, para elementos do público, de 1 mSv/ano acima do fundo regional, cuja determinação está prevista realizar no âmbito de estudo específico.

Tendo em vista os valores de referência assumidos e no tocante às espessuras das camadas protectoras, as soluções de projecto, para além de contemplarem tecnologias internacionalmente aceites e aplicadas, foram sustentadas por resultados de ensaios geotécnicos laboratoriais realizados sobre as argilas a utilizar e em análises de absorção pelas mesmas de elementos radioactivos. Estes estudos foram desenvolvidos, com a colaboração do CTCV, pelo DCT da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, sendo os resultados integrados no Estudo Director.

### **3. INTERVENÇÕES PRECONIZADAS**

A selagem de rejeitados de extracção de urânio, aqui apresentada para a Barragem Velha, requer a combinação de medidas de controlo dos tipos activo e passivo. Estas medidas visam, no essencial, o tratamento das águas de infiltração, a limpeza e a remoção de materiais contaminados e contaminantes, depositando-os de forma controlada em local adequado, por forma a evitar a sua dispersão, limitar a emissão de radão e proteger o meio hídrico envolvente.

De entre as medidas activas, incluem-se a construção de vedações periféricas, a colocação de sinalização adequada e o estabelecimento de restrições de utilização aos espaços selados.

As medidas passivas compreendem entre outras, o revestimento com espessas camadas de terra impermeabilizantes e estáveis, capazes de, simultaneamente, limitarem a emissão de radão e da radiação gama e de evitarem a dispersão dos rejeitados contaminados através dos processos erosivos eólicos e de arrastamento.

A proposta de reabilitação ambiental dos depósitos de rejeitados radioactivos da Barragem Velha da Mina da Urgeiriça compreende, assim, a execução de um conjunto deste tipo de acções que passam pela concentração e reacondicionamento de depósitos radioactivos dispersos, por trabalhos de estabilização, de selagem e de drenagem dos taludes dos aterros, de integração paisagística e de monitorização ambiental.

No âmbito deste conjunto de acções, a estabilização de taludes envolve a modelação superficial dos aterros, conferindo-lhes inclinações de taludes estáveis e adequadas às exigências impostas pelas limitações de deformação do revestimento.

A selagem do tipo multi-camadas abrange a execução de um complexo sistema de revestimento em materiais argilosos e de terra de carácter vegetal, reforçado por compósitos impermeabilizantes e materiais drenantes. Este complexo tem como função impedir, simultaneamente, a infiltração das águas pluviais para o interior da escombreira gerando lixiviados, e a emissão de radiação gama e de radão.

As águas pluviais escorridas pelos taludes são recolhidas numa rede de drenagem constituída por valas perimetrais, sendo as infiltradas superficialmente colectadas numa vala de pé de talude. As águas “limpas” recolhidas neste sistema são conduzidas até à Ribeira da Pantanha, sendo as eventuais águas de lixiviados remanescentes colectadas num dreno de pé de profundidade, para serem conduzidas até a um sistema de tratamento de águas ácidas.

A integração paisagística passa pelo ajustamento da modelação dos aterros à morfologia do local e ainda pela execução de revestimentos herbáceos e arbóreo-arbustivos de espécies compatíveis com as condições naturais e com as restantes acções de reabilitação ambiental.

O comportamento global destas medidas será avaliado através da implementação de um plano de monitorização ambiental, apoiado num conjunto de furos piezométricos para medição de níveis de água e de parâmetros físico-químicos, bem como num conjunto de estações de medição radioactiva.

Tal etapa, como a própria denominação do projecto indica, visa o confinamento e a selagem do depósito de resíduos de maior impacte radiológico-ambiental na Área da Urgeiriça, e a eliminação do “depósito de minérios” e dos materiais colocados na “escombreira de St<sup>a</sup>. Bárbara”, que constituem, igualmente, fontes de contaminação.

Este projecto é precursor duma actuação global planeada, cujos objectivos passam por garantir na área da Urgeiriça:

- o confinamento dos depósitos de resíduos, reduzindo-se os elevados níveis de radiação por estes provocados;
- as condições de segurança dependentes da estabilidade geomecânica de taludes;
- o evitar da dispersão de águas ácidas com elevadas cargas em metais pesados e radionuclídeos para além do perímetro da área mineira;
- as condições de segurança dependentes do correcto controlo de subsidências.

Nesta primeira etapa do Plano Director, na área da Barragem Velha de Rejeitados, garantem-se os três primeiros objectivos mencionados, mediante a remoção e o confinamento, num local único, dos depósitos de resíduos radioactivos, e a sua drenagem, actuações que permitirão a minimização dos impactes decorrentes da presença destes materiais e a estabilização dos taludes destes aterros.

Esta solução prevalece em relação a qualquer outra que envolva a remoção a depósito externo dos materiais da Barragem Velha, não só pelos elevados custos e perigosidade destas operações, mas também, pela criação de novos depósitos de resíduos contaminantes em condições de acondicionamento heterogéneo, resultante de diferentes teores de minério e processos de mineração.

Por razões de segurança, toda a área dos trabalhos, incluindo zonas de estaleiro, serão vedadas perimetralmente, impedindo-se, deste modo, qualquer contacto ou acesso de pessoas não afectas directamente aos trabalhos.

## **4. CONDIÇÕES NATURAIS**

### **4.1 Geologia e geomorfologia**

O local de depósitos de rejeitados da Barragem Velha situa-se numa zona de natureza predominantemente granítica.

Os depósitos de estéreis aí constituídos em aterro são o produto de várias explorações mineiras da região, incluindo, naturalmente a mina da Urgeiriça, lavradas em subterrâneo e a céu aberto. Resulta deste facto que a constituição dos materiais depositados é de natureza heterogénea e de composição granulométrica variada.

O substrato granítico sobre o qual repousa o aterro corresponde a uma formação hercínica, ocorrida no final do Carbónico, biotítica de grão predominantemente grosseiro, frequentemente com fenocristais de feldspato e com fracturação predominante N15°E [1].

Aberta às acções da erosão, a região foi intensamente atingida por movimentos compressivos da tectónica alpina, que originaram intensa fracturação do maciço. Nessas fracturas, de direcção

dominante NE-SW instalaram-se filões quartzo-jaspóides e, frequentemente, localizaram-se mineralizações uraníferas de que a Urgeiriça é um exemplo [1].

Do ponto de vista geomorfológico, a zona corresponde a uma área de vertente granítica ligeiramente aplanada da margem direita da ribeira da Pantanha, afluente direito do Rio Mondego, com uma altitude média da ordem de 350m.

À superfície ocorrem depósitos de cobertura, constituídos por terrenos areno argilo-siltosos, sobrepostos aos granitos alterados [2].

## 4.2 Hidrogeologia e piezometria

Do ponto de vista hidrogeológico, a região da Urgeiriça insere-se em formações cujo comportamento se identifica com o de um aquífero de permeabilidade primária nula. A única circulação de água subterrânea dá-se através das descontinuidades estruturais (falhas e fracturas) ou através do solo de alteração residual que está presente à superfície ( permeabilidade secundária) [3].

O aquífero existente sob o depósito de estereis da Barragem Velha caracteriza-se, assim, na sua globalidade, como fissurado, anisotrópico e heterogéneo.

Com base nos ensaios de bombagem realizados no âmbito dos estudos hidrogeológicos da zona [3], foram identificados os seguintes aquíferos na zona:

- um hipodérmico, com cerca de 3-6m de espessura, constituído por solos e granitos alterados, localizados no nível superior de maior descompressão;
- um profundo, fissurado e anisotrópico com funcionamento por blocos, em que as fracturas surgem como condutoras e armazenadoras de recurso limitado, com zonas intermédias de capacidade nula.

Entre estes aquíferos não existe praticamente ligação, dada a reduzida permeabilidade do aquífero hipodérmico por um lado e por outro, o preenchimento de algumas das fracturas por materiais argilosos.

Entre os 3 e os 6m de profundidade e até 13 a 14m, foi ainda identificada uma formação aquífera associada aos granitos alterados. Este horizonte contém uma reserva de água, onde a circulação se dá unicamente pelos planos sub-verticais da fracturação principal (E-W e N60°W).

A partir da interpretação dos ensaios de bombagem realizados [3] foi possível caracterizar, em primeira aproximação, o aquífero profundo a Norte do filão da Urgeiriça pelos seguintes parâmetros:

- Transmissividade –  $5.92\text{m}^2/\text{dia}$
- Permeabilidade –  $0.538\text{m}/\text{dia}$
- Coeficiente de armazenamento –  $4.5 \times 10^{-3}$ .

No interesse do projecto, conclui-se que a circulação de água na fundação do aterro ocorrerá à superfície e ao longo das fracturas, neste caso de forma independente e controlada pela rede de fracturação, em condições de baixa a moderada produtividade.

O controlo dos níveis piezométricos e da percolação de água no interior dos depósitos, com produção de lixiviado, tem vindo a ser realizado através da observação de oito piezómetros simples de tubo aberto (P1 a P8), instalados no aterro.

As leituras disponíveis, apesar de espaçadas no período Outubro 2001 a Setembro 2002, revelam uma orientação preferencial no fluxo de drenagem alinhado com um eixo depressionário nas isopiezas com orientação aproximada de 45°NE passando pelos tubos P3-P6 e P8. Esta orientação confirma a influência predominante da chamada da drenagem à zona de

cotas baixas do terreno natural junto da EN234, em prejuízo de outras chamadas verticais provocadas ou pelo horizonte de alteração superficial da rocha ou pela fracturação do maciço.

Com excepção dos piezómetros P3 e P5, todos os outros revelaram variações de níveis de baixas amplitudes ao longo dos 13 meses de medição ( amplitudes máximas da ordem de 1.8m).

Estas variações deverão ligar-se, entre outros, à história da recarga hídrica natural e antropogénica a que estes depósitos foram sujeitos naquele período. A menos de uma informação detalhada sobre esta questão, há que concluir que, apesar da heterogeneidade esperada na constituição destes materiais, a sua condutividade hidráulica não deve ser elevada. Por outro lado, o escoamento afigura-se controlado pela pendente e pelas cotas mais baixas do terreno natural, processando-se, aparentemente, uma parte significativa deste na interface aterro-fundação. Eventuais pontos de ressurgência de água nos taludes não foram identificados.

Outro dado interessante do ponto de vista da contenção, neste caso radiológica, é o facto de que pela diagrafia de radiometria, o valor atingido por GMT-3T, ao longo dos furos de sondagem, no meio dos rejeitados, é de 800ch/s, caindo bruscamente para zero após uma penetração de cerca de 0.50m no meio natural existente de granito alterado. Esta constatação aparenta um efeito de barreira atenuadora garantida pela entrada no granito alterado (saibro).

## **5. MODELAÇÃO PROPOSTA**

### **5.1 Metodologia seguida na modelação**

A base topográfica deste trabalho, datado de Setembro de 2001, com base num levantamento topográfico de superfície então efectuado é reveladora de uma morfologia de deposição que aparenta quatro pontos de refluxo mais recentes.

Toda a deposição foi efectuada em altura, no plano, sendo que perifericamente a atitude dos taludes naturais resultantes, com base em medições efectuadas, é em geral de 1(V) : 1.25(H) a 1(V) : 1.4(H).

Com base nas 10 sondagens efectuadas e pela análise dos respectivos diagramas foi possível determinar para cada furo de prospecção, qual a espessura de material de deposição (rejeitados) e qual a cota aproximada de entrada no granito alterado (saibro), tendo como dado de partida a cota de boca do furo de sondagem.

Os dados acima referidos estão disponíveis no Quadro 1, considerando-se um erro de processo associado de cerca de  $\pm 0.50$  m.

Com base no conjunto de pontos acima determinados, foi criada, por interpolação matemática a superfície estimada para o terreno natural antes do início da deposição. O volume confinado entre a superfície criada, como atrás descrito, e a superfície da topografia actual é de  $1390000\text{m}^3$ . O erro associado à determinação efectuada é de cerca de  $\pm 40000$   $\text{m}^3$ .

Foram efectuados cortes longitudinais e transversais intersectando as superfícies acima identificadas de onde se conclui que a altura média de deposição é de cerca de 20.0 m.

Pode também estimar-se que em termos médios tem-se cerca de  $78000$   $\text{m}^2$  de área ocupada com a altura média atrás determinada a que lhe corresponde uma área em planalto superior de  $65000\text{m}^2$ .

Quadro 1- Avaliação da altura de rejeitado

Sondagem	Cota de Boca (m)	Cota do Saibro (m)	Altura de Rejeitado (m)
1	373.37	354.97	18.40
2	375.13	355.43	19.70
3	373.72	361.12	12.60
4	374.58	349.38	25.20
5	375.66	(350.16)*	25.50
6	375.35	357.15	18.20
7	362.80	344.60	18.20
8	361.45	340.65	20.80
9	343.80	336.90	7.90
10	339.21	334.91	4.30

- *obs: 349.71 m é a cota do saibro, contudo foi detectada uma laje de betão com cerca de 0.45 m.*

## 5.2 Volumetrias a Atingir

O conceito global associado ao confinamento tem associada uma área de protecção e de integração para o interior da vedação. A modelação dos rejeitados deve assim ficar contida pela vedação garantindo uma faixa de protecção e integração que se estimou em cerca de 5.0/ 7.0m.

As indicações internacionais existentes apontam para a utilização de pendentes óptimas de taludes de 5(H): 1(V).

Ao volume a modelar, já existente no próprio local, houve ainda que adicionar cerca de 110000m<sup>3</sup> de rejeitados que vão ser transportados, dos quais, cerca de 90000m<sup>3</sup> a partir da pilha existente junto das instalações da mina de Sta Bárbara e os restantes 20000m<sup>3</sup> a partir do depósito de minérios “ricos” da Urgeiriça.

As tentativas de modelação a 5(H): 1(V) foram sendo abandonadas por défice de acomodação de volume, tendo-se abdicado de atitude de 5(H): 1(V) para uma inclinação superior a 4(H): 1(V).

Ainda com este pendente 4(H): 1(V) a capacidade para acomodar o volume de encaixe só foi possível considerando a existência de um confinamento perimetral que permite subir a cota de arranque de modelação em cerca de 1.0m.

De uma forma geral, esta modelação permitiu a execução de superfícies finais contínuas, sem grandes oscilações, para a atitude pretendida de 4(H): 1(V) – ver Figura 2.

Exceptua-se a existência de uma depressão a nascente junto de EN 234, onde se torna necessário criar uma estrutura de suporte, que permite assim, levantar a linha de coroamento perimetral na referida zona.

Os valores de movimentação de terras necessários realizar atingem 180000m<sup>3</sup> de escavação local, que necessariamente se reflectem em idêntico volume de aterro local, acrescidos dos 110000m<sup>3</sup> a adicionar ao sistema, pelo que, o volume total de aterro é de 290000m<sup>3</sup>.

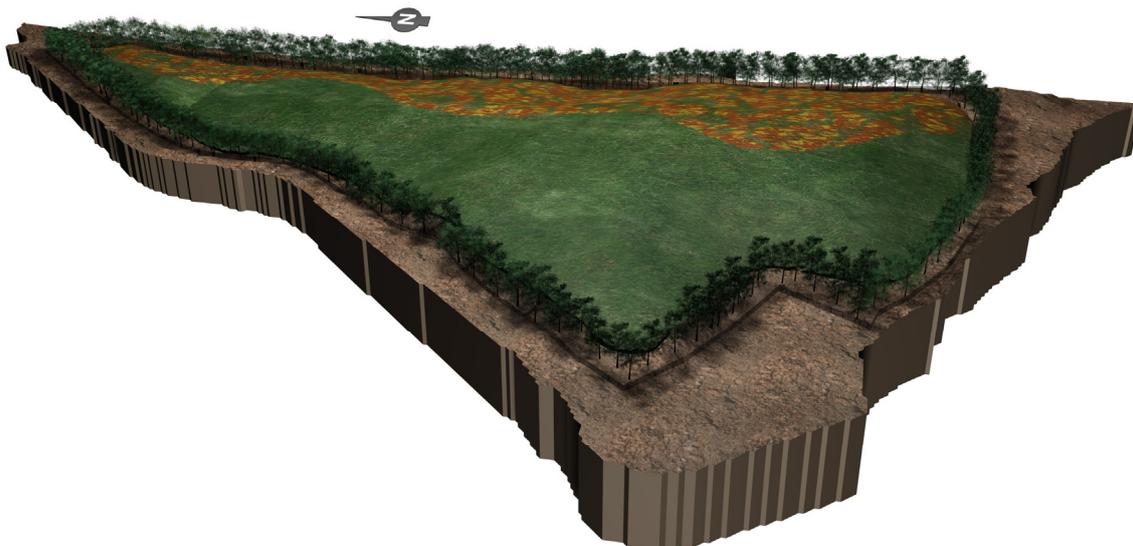


Figura 2 – Modelação gráfica tridimensional proposta

### 5.3 Obras de contenção de pé de talude

A necessidade de garantir a volumetria de encaixe, tal como foi já referido no ponto anterior, obrigou a que se procedesse ao remate periférico do talude com a plataforma de protecção junto à vedação.

Foram estudadas três tipologias para o confinamento de pé de talude:

- Talude simples  
A partir do eixo de referencia provoca-se a inflexão de inclinação do talude de 4(H):1(V) para 2(H): 1(V).  
O remate com o terreno é assegurado por um núcleo de brita argamassado.  
As águas de escorrência superficial são colectadas numa plataforma antes da mudança de inclinação para limitar o ravinamento perimetral.  
Já a água recolhida no sistema subsuperficial é directamente colectada na caleira de pé de talude.
- Muro de gabiões  
Esta solução conjuga a mudança de atitude na inclinação do talude de 4(H):1(V) para 2(H):1(V) também a partir do eixo de referencia. Contudo, promove-se a contenção com um conjunto de blocos de gabiões – elemento marcante – que destaca a modelação a confinar.  
As águas de escorrência superficial são colectadas numa caleira no topo dos gabiões.  
O sistema subsuperficial tem o seu colector no tardo dos gabiões no interior de uma vala drenante.
- Muro de betão  
A solução em muro de betão constitui-se numa alternativa à solução com muro de gabiões mas de carácter quase intransponível. De idêntica forma, a sua geometria é condicionada pela inflexão da inclinação do talude de 4(H):1(V) para 2(H):1(V) no eixo de referência.  
As águas de escorrência superficial são colectadas numa caleira no topo do muro, sendo as águas do sistema subsuperficial colectadas no tardo do muro, na base de uma cortina drenante.

Das três soluções estudadas foi considerada para materialização em Projecto a utilização da solução A – Talude Simples como sendo a solução técnico-economicamente mais vantajosa.

## **6. IMPERMEABILIZAÇÃO E COBERTURA**

O confinamento dos rejeitados passa essencialmente pela limitação de emissão de radão e impermeabilização superficial por forma a evitar a percolação das águas pelo meio contaminante.

Os estudos efectuados quanto à natureza e definição da espessura do material argiloso a colocar no sistema multicamada, para a limitação de emissão de radão, que envolveram fases experimentais promovidas em laboratórios, conduziram à adopção de 0.60m.

Por forma a limitar a perda de efeito impermeabilizante decorrente da dissecação e conseqüente fissuração do material argiloso considerou-se a colocação de uma tela, em PEAD de 2.0mm de espessura, contínua, sobre a camada de material argiloso.

A colocação desta tela é efectuada sobre um material necessariamente muito fino, isento de blocos ou pedras, pelo que se dispensa a colocação intermédia de outra tela de protecção mecânica em geocomposito.

A continuidade da tela é assegurada por dupla soldadura, com ensaio sistemático de integridade.

Sobre a tela de PEAD será disposta uma manta de geotextil com 300gr/m<sup>2</sup>, que garante a integridade da própria tela, servindo de base à colocação de uma camada de brita com 0.30m de espessura que, respeitando o fuso granulométrico prescrito, assegura a função de dreno. Sobrejacente à camada de brita será colocada uma espessura de 0.25m de areia, respeitando condições de filtro relativamente aos materiais em contacto, que servirá, deste modo, de filtro ao dreno garantido pela brita.

Sobre este sistema multicamada drenante e impermeabilizante, será disposta uma espessura de 0.50m de terras de carácter vegetal que asseguram o suporte para a revegetação superficial prevista na integração e recuperação paisagística.

As camadas minerais de drenagem e tela impermeabilizante procuram também assegurar uma função anti-intrusiva em relação às raízes, contudo, este aspecto será essencialmente assegurado por uma boa escolha de tipologia herbácea e arbustiva.

## **7. DRENAGEM**

### **7.1 Águas pluviais**

A principal função a assegurar por um sistema de drenagem, neste tipo de selagem e confinamento, é a de garantir o controlo dos escoamentos, assegurando condições que minimizem a infiltração ou a permanência das águas pluviais sobre o sistema de impermeabilização.

O sistema de drenagem é, assim, composto por um conjunto de valetas interceptoras que têm a função de limitar o percurso de superfície. As valetas interceptoras foram colocadas por níveis, paralelas ao talude, com inclinação mínima de 1.5%.

Na crista de talude, correspondente à alteração de atitude de 4(H) : 1(V) para 2(H) : 1(V), colocou-se uma valeta final de recolha e intercepção que circunda toda a modelação efectuada.

A transferência dos caudais captados nas valetas para o exterior é efectuada através de caixas e descidas de talude, entubadas.

Perimetralmente, concebeu-se um colector que recebe o caudal proveniente das várias caixas de recolha da área de selagem e que, simultaneamente, impede que águas vindas da envolvente exterior avancem para a zona recuperada.

Todas as águas que se infiltram no revestimento de cobertura e que, conseqüentemente, escapem à recolha de superfície acima descrita, serão recolhidas no sistema mineral de drenagem constituído pelas espessuras de brita (0.30m) e areia (0.25m), conduzindo-as graviticamente para o colector perimetral enterrado na continuidade das camadas drenantes, já descrito no ponto referente ao confinamento perimetral.

Todo este sistema funciona de forma gravítica para o ponto mais baixo, sendo conflúente numa caixa, a partir da qual se procederá a sua ligação com a linha de água próxima.

## **7.2 Águas ácidas lixiviadas**

A rede de lixiviados está prevista para recolher eventuais águas remanescentes no interior dos rejeitados, ou que, por uma rotura do sistema de impermeabilização possa dar origem a que águas pluviais percolem pelos rejeitados, originando lixiviados.

Neste contexto, concebeu-se um dreno perimetral à área de selagem, escavado em vala, que procura interceptar o sistema natural de percolação das águas provenientes da massa de rejeitados. A sua concepção é de molde a impedir a captação de águas do exterior através da intercalação de uma tela impermeável. Por outro lado, constitui-se num ponto baixo de chamada de águas de circulação, através da escavação de uma vala na parte alterada superior do maciço, até uma profundidade capaz de interceptar o meio impermeável do granito pouco alterado. A vala escavada será preenchida com material mineral britado de características drenantes, possuindo no interior uma tubagem drenante. A recolha das águas será efectuada, assim, no ponto mais baixo através de uma caixa de betão, a que se liga uma vala que as conduz até à actual estação de tratamento de águas ácidas.

## **8. INTEGRAÇÃO E RECUPERAÇÃO PAISAGÍSTICA**

As medidas de recuperação paisagística propostas integram-se nos principais objectivos que são os de minimizar e compensar os principais impactes ambientais e paisagísticos decorrentes da exploração das antigas minas de urânio, através de um conjunto de medidas e acções que permitam reverter a paisagem actualmente existente, revitalizando-a.

Os principais objectivos a atingir são:

- aumento da qualidade visual da paisagem;
- estabelecimento de coberto vegetal em compatível com as condições naturais e com as restantes acções de reabilitação ambiental propostas para a área de intervenção;
- redução dos riscos de contaminação de aquíferos;
- estabilização dos taludes;
- segurança de pessoas e animais.

Uma das preocupações que deverá estar subjacente a um Projecto de Integração e Recuperação Paisagística, é a de não substituir um impacte paisagístico negativo por outro, pelo que a intervenção proposta procura conciliar a necessidade de revitalizar o espaço afectado, minimizando os impactes visuais e ambientais da área de intervenção, com a manutenção dentro do possível das características da paisagem envolvente.

Nas medidas de recuperação paisagística adoptadas, houve que atender à tipologia de exploração praticada que levou à acumulação de escombrelras, bem como aos condicionalismos relacionados com o tipo de produto explorado com características radioactivas.

## **9. MONITORIZAÇÃO E CONTROLO**

O Plano de monitorização e controlo a implementar engloba a medição de níveis de água e dos seus parâmetros físico-químicos, no interior de furos piezométricos, bem como medições radioactivas num conjunto de estações construídas para o efeito.

Este plano compreende, assim, a execução de uma bateria de 11 piezómetros duplos (PZ1 a PZ11), de tubo aberto, dispostos segundo uma malha com afastamento da ordem de 100m, capaz de permitir o acompanhamento dos níveis e a qualidade da água no interior do aterro e na fundação granítica, de forma independente.

A disposição dos tubos em planta tem como alinhamento de referência o eixo da depressão piezométrica observada, com direcção aproximada 45°NE e, está associada a um cone de rebaixamento de eixo sub-horizontal, que tem como vértice a zona de cotas mais baixas do terreno de fundação do aterro, junto da EN 234.

Os piezómetros executados a partir da superfície final do terreno modelado, terão comprimentos definidos pela penetração da furação de 5m no substrato rochoso. Estes elementos de medição e controlo possibilitarão as leituras e a recolha de água no interior do aterro e no interior do maciço granítico. Desta forma será possível conhecer a diferenciação ou a mistura de águas provenientes do aterro e de circulação no interior do maciço da fundação.

## **10. CONCLUSÕES**

As medidas adoptadas concorrem para a execução de um sistema que importa manter e conservar em boas condições de funcionamento, quer no que respeita aos trabalhos inerentes à estabilização dos taludes dos aterros, ao isolamento das irradiações e à recuperação paisagística, quer na conservação e limpeza das valetas e colectores.

Importa referir em relação aos sistemas de drenagem que, disfunções graves implicarão ravinamentos nas camadas superficiais, com eventual exposição das telas, o que poderá acelerar a degradação de todo o complexo de selagem.

A elaboração de um plano de monitorização e o cumprimento das frequências de leituras de dados e seu processamento e análise, permitirá acompanhar a evolução do próprio sistema, criando níveis de alerta em caso de evoluções não esperadas.

## **11. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a permissão concedida pela EXMIN para a inclusão neste documento de referências aos estudos disponíveis no âmbito da Recuperação Ambiental da Área Mineira da Urgeiriça. Particular agradecimento ao Engº Gaspar Nero pelo seu empenho técnico na sustentação das abordagens de remediação.

## **12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] - Carta Geológica de Portugal. Notícia Explicativa da Folha 17-C.Santa Comba Dão (SGP, 1961)
- [2] - Exmin - Notas soltas sobre a Mina da Urgeiriça, elaboradas pelo Dr. Matos Silva, 2002
- [3]- Frasa, 2002 – Mina da Urgeiriça. Ensayos de bombeo en furo Fnº21 y poço P3-D. Informe de seguimiento y cálculo de parámetros hidrogeológicos. ENU.