

**SESSÃO PÚBLICA**

**"RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE PEDREIRAS"**

**11 e 12 de dezembro 2014**

**Auditório da CCDR Algarve  
Praça da Liberdade, 2 | Faro**

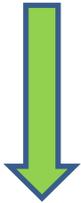
# **BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM**

**Carla Rolo Antunes**



# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Recuperação**



DL nº 270/2001, 6 out. 2001  
(DL nº 340/2007, 12 out. 2007)

normas para projeto, exploração,  
encerramento e desativação

**contexto mineiro – aplicação lata**

**Objetivos principais:** estabilização do terreno, garantia de segurança pública, melhoria estética, devolução do espaço - fim útil

**≠ Modelos de recuperação:** restauração, reabilitação, reconversão

**restauração** – devolver o estado original, removendo a causa da degradação

**reabilitação** – pressupõe uma recuperação das funções e processos no contexto da perturbação (ecossistema alternativo compatível com a envolvente)

**reconversão** – uso do espaço alterado para outros usos , que pode ser ≠ dos originais

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

**Exemplos** de ocupação dos espaços afectos a pedreiras ou minas, Portugal

- Marquês de Pombal (1930)
- Praça Sá Carneiro (Areeiro)
- Estádio municipal Braga (2004)
- Mina de São Domingos
- Museu mineiro do Lousal (2001)
- Cova dos Mouros (P. Mineiro, Alcoutim)





# Mina de carvão



1996



1999

<http://www.clra.ca/reclamation%20stories.html>

## BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

**Meio hídrico** - componente biofísica com probabilidade de ser afetado pela atividade extrativa: **alteração do padrão de drenagem superficial** (intersecção de LA e ocupação de áreas dominadas pelas BH), **intersecção dos níveis freáticos**

Principais influências nos RH poderão ser esquematizados em 2 grandes linhas:

**afetação do regime de escoamento**  
**qualidade da água** (f. construção e exploração)

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

## **Regime Jurídico da Pesquisa e Exploração de Massas Minerais – Pedreiras (DL n.º 270/2001, de 6 de Outubro)**

Artigo 26.º - Regras e boas práticas do exercício da pesquisa

1 - O explorador deve delinear e executar os **programas de trabalhos de pesquisa segundo critérios de gestão ambiental** responsáveis, avaliando, prevenindo e minimizando os impactes que possam ser causados ao solo, flora, **águas superficiais e subterrâneas**, inteirando-se e cumprindo as leis e regulamentos aplicáveis e cingindo, ao mínimo necessário, as interferências com a tipologia de uso dominante vertida em planos de ordenamento eficazes.

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

**DL n.º 270/2001, de 6 de Outubro (DL nº 340/2007, 12 out. 2007)**

## ANEXO VI - Plano de pedreira

### Elementos constituintes

Elementos gerais	Peças escritas	Peças desenhadas	Conteúdo técnico	Escala
	Localização do projeto			
	Caracterização física do terreno.	Enquadramento regional.	Localização.	1:25 000 1:50 000
	Caracterização biofísica e paisagística.	Análise fisiográfica com cartografia das unidades geotécnicas e hidrográficas.	<b>Marcação da rede de drenagem.</b>	
	Caracterização climatológica, geológica, hidrológica e geotécnica.			

**PARP - Planta de drenagem pluvial +**

Referência aos **sistemas de drenagem das águas pluviais e respetivo encaminhamento para a linha de água mais próxima**

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- Importância da **drenagem de águas superficiais**

- **Falta - eficiência** dos sistemas de drenagem

→ comprometer a exploração

→ segurança na pedreira

- **Objectivos :**



“impedir”/diminuir a entrada de água; minimizar efeitos /danos; remover a água do interior

**MEDIDA DE CONTROLO AMBIENTAL**

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

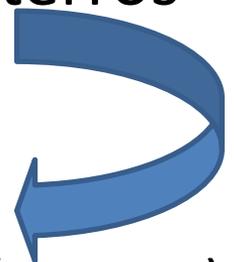
- Construção de um sistema de drenagem (**vala de cintura**) na envolvente da pedreira que conduzirá as águas pluviais (cota + baixa) – **método preventivo**
- Precipitação – interior do perímetro da corta + fluxo subterrâneo da água



Sistemas de drenagem no interior das cortas ou aterros



**impedir que a presença de água afete trabalhos e segurança**



**valetas e caleiras** nos taludes (escombreiras), **valas** (acessos)



**BACIA DE DECANTAÇÃO**

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Remoção da água**



Bombagem  
e/ou **drenagem gravítica**

- Sistema de drenagem  **Gestão “interna” das águas**

rega da pedreira,  
lavagem de rodados  
caminhos, plantações

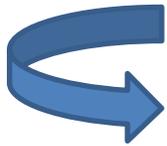


- **Desenho e dimensionamento do sistema de drenagem eficaz e integrado**

(funcional, económico, proteção ambiental)

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Manutenção do sistema de drenagem**



**fundamental na gestão**

**Limpeza de valas, valetas e caleiras, bacias,  
reparação de diques,....**

- **Água necessária para uso industrial**

**circuito interno de alimentação de água - circuito fechado**  
água deve ser armazenada num tanque e distribuída para os diversos usos

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Desenho e dimensionamento do sistema de drenagem**
  - ✓ rede de drenagem sempre que possível - por **gravidade**
  - ✓ implantada de acordo a **estratégia de lavra**
  - ✓ drenagem das águas pluviais, limite da pedreira - **valas de cintura**
  - ✓ **valas de pé de talude**
  - ✓ águas geradas na área dominada pela pedreira (elevado teor de sólidos em suspensão), devem ser encaminhadas para um **tanque de decantação** e, posteriormente, lançadas para a linha de água, de forma a reduzir a quantidade de sólidos em suspensão nas águas que são devolvidas ao meio e, o consequente assoreamento na linha de água

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- Desenho e dimensionamento do sistema de drenagem

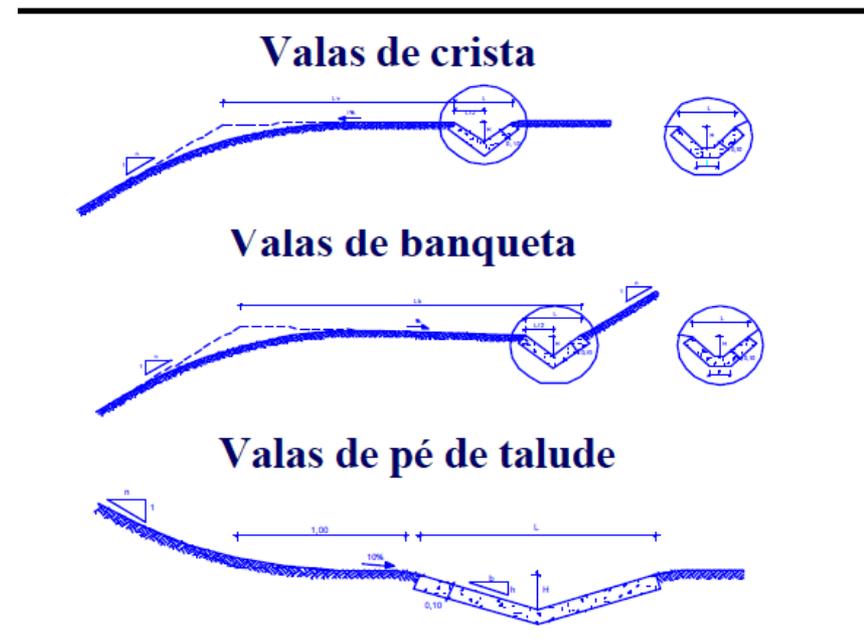
## Estudo hidrológico

Caudal de ponta de cheia  
caudal de projeto: dimensionamento  
de valas (de crista, de pé de talude,  
em banquetas,...)

Dimensionamento:

Equação de Manning-Strickler

**Bombagem**



# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Desenho e dimensionamento do sistema de drenagem**

Equação de Manning-Strickler:

$$Q = K_s S R^{2/3} i^{1/2}$$

Q – caudal escoado ( m<sup>3</sup>/s),

K<sub>s</sub> - coeficiente de proporcionalidade de Manning-Strickler (m<sup>1/3</sup>/s),

S - área da secção molhada (m<sup>2</sup>),

R - raio hidráulico (m)

i - perda de carga unitária (m/m),

regime uniforme = declive do rasto.

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Desenho e dimensionamento do sistema de drenagem**

Valas de drenagem superficial

Definição das secções transversais dos perfis longitudinais das valas deve ter em conta uma série de **critérios e parâmetros de dimensionamento** que a experiência tem demonstrado serem fundamentais ao seu bom funcionamento e manutenção, nomeadamente:

- ✓ Velocidade máxima de escoamento;
- ✓ Inclinação dos taludes;
- ✓ Declive longitudinal;
- ✓ Folga na vala;
- ✓ Largura mínima de rasto;
- ✓ Profundidade mínima.

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Dimensionamento de bacias de decantação**

$$V = Q_{P_h} T_R$$
$$A = \frac{Q_{P_h}}{C_h}$$

$Q_{P_h}$  - caudal de ponta horário ( $m^3 \cdot hora^{-1}$ );

$T_R$  - tempo de retenção (horas);

$C_h$  - carga hidráulica ( $m^3 \cdot m^{-2} \cdot hora^{-1}$ );

**V - volume ( $m^3$ );**

**A - área da bacia ( $m^2$ ).**



**redução da  
quantidade de  
sólidos em  
suspensão nas  
águas que são  
devolvidas ao  
meio hídrico**

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Dimensionamento de bacias de decantação**

$$Q_{P_h} = A_b (P \max_h - T_{\text{inf}})$$

$A_b$  - área da bacia drenada ( $\text{m}^2$ );

$P_{\text{max}h}$  - precipitação máxima horária ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hora}^{-1}$ );

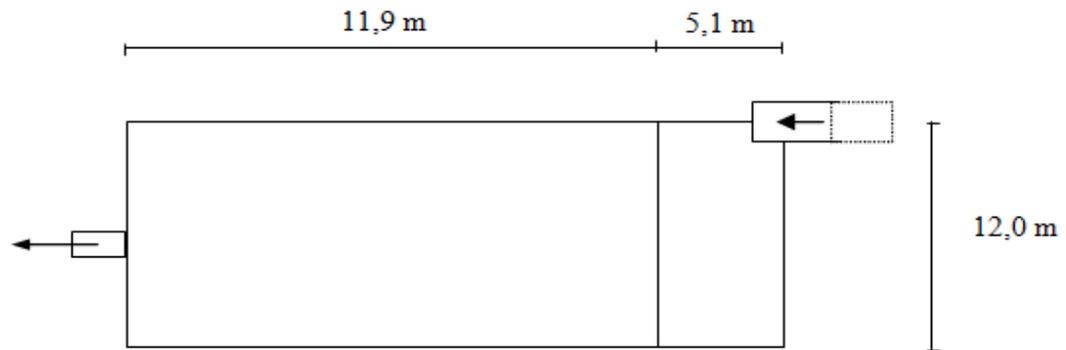
$T_{\text{inf}}$  - taxa de infiltração, também ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hora}^{-1}$ ).

Com base nos **caudais de ponta** gerados estima-se o **volume**, dimensiona-se cada bacia (ou tanque) de decantação (retangulares) com as dimensões, por ex:

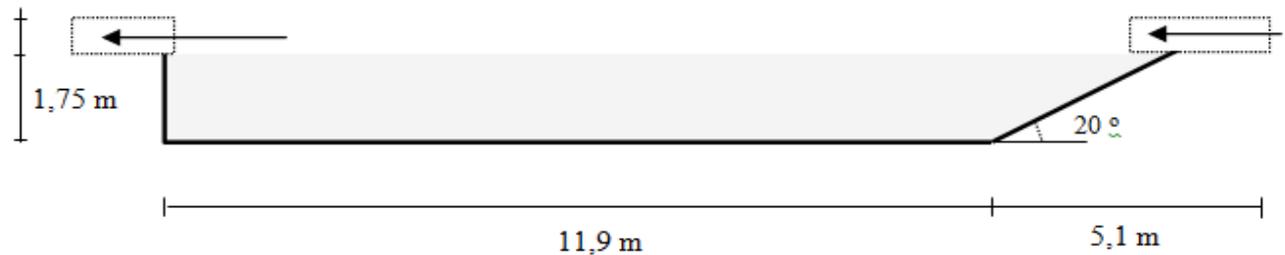
COMPRIMENTO	LARGURA	PROFUNDIDADE
(m)	(m)	(m)
17	12	1,75

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Dimensionamento de bacias de decantação**



**Esquema da configuração da bacia de decantação (Planta).**

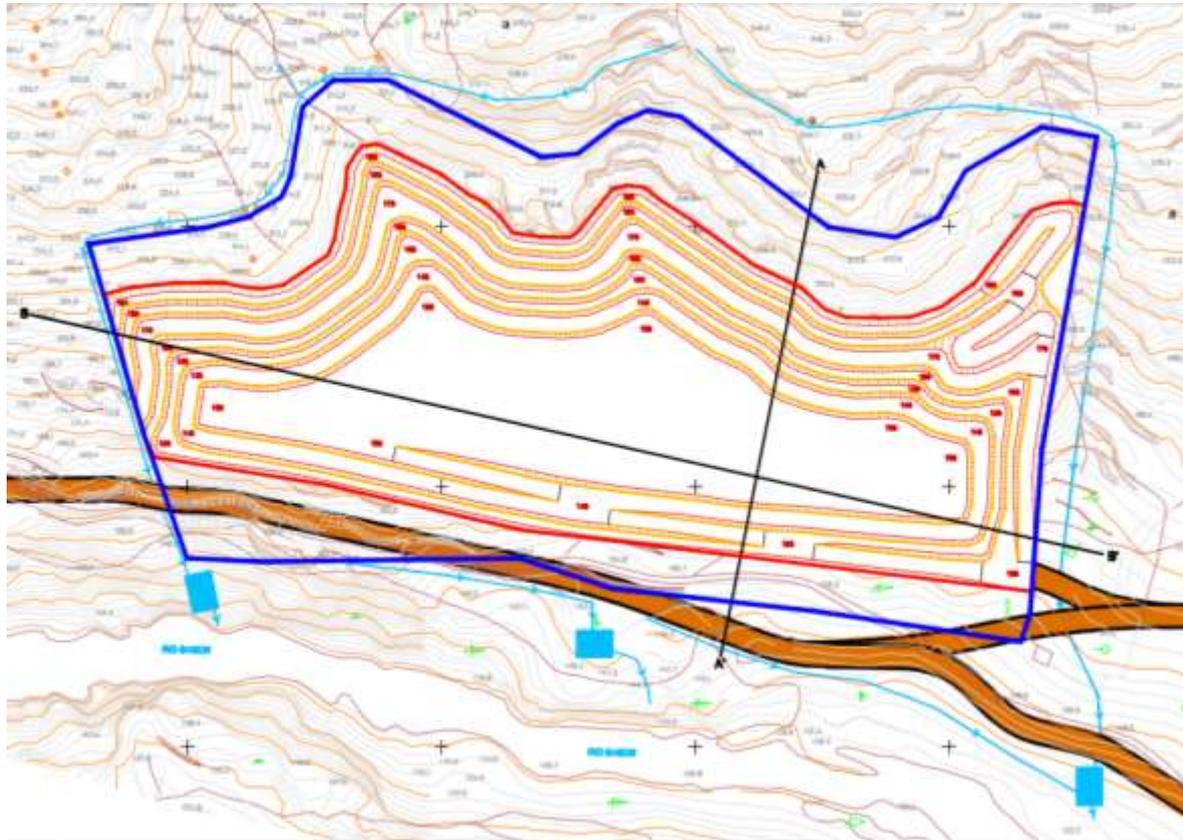


**Esquema da configuração da bacia de decantação (Corte).**

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM

- **Dimensionamento de bacias de decantação**
  - ✓ Uma das paredes da bacia será **inclinada**, de forma a **permitir a limpeza periódica**, nomeadamente com recurso a uma pá carregadora ou escavadora.
  - ✓ À saída do tanque de decantação - caixa de visita para recolha de água para análise (**monitorização**).
  - ✓ A jusante de cada bacia de decantação deverá ser executada uma **obra de proteção à descarga na linha de água, do tipo boca de lobo**.

# BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS: GESTÃO DA ÁGUA E SISTEMAS DE DRENAGEM



Exemplo:  
Pedreira “Ribeira de  
Relvas” – Baixo Sabor

granito

- |  |  |
|--|--|
|  Limite da pedra          |  Área de Implantação da instalação de britagem      |
|  Limite de escavação      |  Área onde será efectuada a alimentação da britagem |
|  Curvas de nível          |  Talude de lavra                                    |
|  Cota de terreno          |  Cota de lavra                                      |
|  Acessos a criar          |  Valas de drenagem                                  |
|  Cota de projecto         |  Área para tanques de decantação                    |
|  Acessos internos a criar |  |

# PROJECTO DE DRENAGEM, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES PEDREIRA, LUGAR DA NAVE – MONCHIQUE (2005)



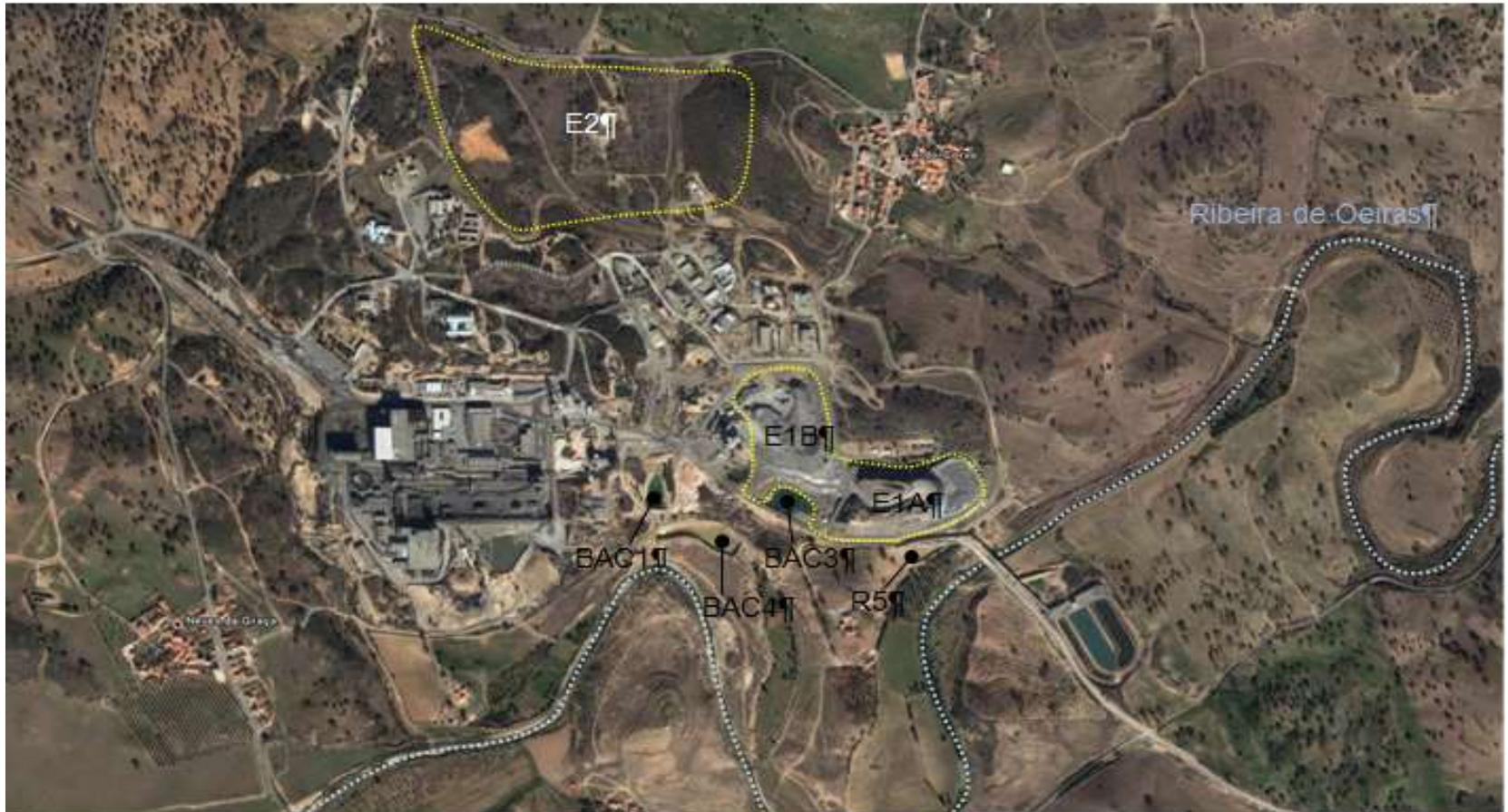
## PEDREIRA “LUGAR DO FOJO” – Sta LUCRÉCIA DE ALGERIZ – BRAGA (2006)

**Lagoas** - bacias de decantação + fornecimento, em sistema de circuito fechado, água para lavagem do granito, durante o processo de laboração.



Bacia de decantação e de alimentação do processo de lavagem do **granito**

## GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



concepção da drenagem superficial e recolha de águas de percolação dos aterros, de modo a **minimizar a possível contaminação ambiental**, já que o escombros tem, na sua constituição, sulfuretos com potencial para formação de ácidos, que em contacto com água, geram águas ácidas.

## GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



Localização das escombreyras, observando-se, também, as barragens de águas contaminadas (sul e sudoeste da E1B)

# GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



**Vista geral das escombreliras e da BAC3**



BAC3: capacidade de armazenamento  $5000\text{m}^3$ , utilizada para retenção das águas pluviais geradas na área dominada pelas E1A e E1B, as quais são encaminhadas por bombagem para a B. Cerro do Lobo.

# GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



Vista geral da BAC4



Barragem de águas contaminadas BAC4 - última reserva, servindo de proteção às restantes barragens existentes dentro do complexo .  
No caso de se ultrapassar a capacidade de armazenamento das outras barragens, as águas acumuladas nestas são drenadas para a BAC4, onde são retidas.

# GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



Início do sistema de drenagem do troço A



Pormenor da caleira em meia cana ( $\Phi$  500)



Vala com secção retangular (1,40x0,5x0,80), em que os muros têm altura diferente



Vala com secção retangular, em que os muros têm a mesma altura

# GESTÃO E MONITORIZAÇÃO DAS ESCOMBREIRAS DA SOMINCOR (2008/2009)



Saída do coletor que está enterrado sob a E1A



Bacia de decantação de óleos, junto ao paiol



Vala escavada no terreno e PH



Pormenor da caleira assoreada

## Sistema de drenagem da nova escombreira:

rede de drenagem natural de contenção à escombreira (águas limpas);

rede periférica de águas superficiais da escombreira (águas ácidas)

serão encaminhadas para depósito e, posteriormente para a BAC3.



**SESSÃO PÚBLICA**

**"RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE PEDREIRAS"**

**11 e 12 de dezembro 2014**

**Auditório da CCDR Algarve  
Praça da Liberdade, 2 | Faro**

**MULTIDISCIPLINARIDADE**  
**Sinergias entre equipas facilita**  
**resolução de problemas**

**MUITO OBRIGADA.**