



**Solos aquíferos, meio ambiente
uma perspectiva integrada**

Prof. Abílio Cavalheiro

Resumo

1. A localização de aterros
Condicionantes da decisão;
Variáveis de opção.
2. Generalidades sobre o projecto e exploração de aterros.
3. A localização de aterros: contributos das disciplinas de ciências da terra .
4. As tentações na localização de aterros.
5. Críticas e conclusões.

SOLOS, AQUÍFEROS, MEIO AMBIENTE UMA PERSPECTIVA INTEGRADA

Abílio Cavalheiro - Alexandre Leite
FEUP - Dep. Minas

VARIÁVEIS QUE INTERVÊM NA LOCALIZAÇÃO DE UM ATERRO PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- Condicionantes
 - políticas
 - económicas
 - sociais
 - climáticas
 - demográficas
 - agrícolas
 - geológicas e hidrogeológicas
 -

- Condicionantes económicas
 - Volumes a tratar
 - Dimensão do aterro \Rightarrow duração do aterro
 - Minimização de despesas com o transporte
 - Custo dos terrenos
 - Financiamentos
 - Rendimento das populações

SITUAÇÃO TÍPICA



NECESSIDADE DE ESTUDOS PRÉVIOS DE CARÁCTER REGIONAL

CONDICIONANTES DA DECISÃO:

- QUAIS OS MUNICÍPIOS QUE SE ASSOCIAM
- DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO
- GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS, HIDROGEOLÓGICAS
- VIZINHANÇAS MUNICIPAIS - SINERGIAS
- TONELAGEM A TRATAR
- LEGISLAÇÃO (compromissos - lixeiras a desactivar)
- PDMs dos Municípios Associados
- ECONÓMICAS (dotações orçamentais, financiamentos,.....)
-

- VARIÁVEIS - CAMPO DE OPÇÕES
 - UM ATERRO VERSUS VÁRIOS ATERROS
 - EMPRESA INTERMUNICIPAL, MISTA, PRIVADA
 - HÁ COMPOSTAGEM OU NÃO?
 - LOCALIZAÇÃO
 -

LOCALIZAÇÃO

Situação frequente:

- 1) abertura de um concurso para concepção e exploração de um aterro num local pré-seleccionado.
- 2) selecção de uma empresa, adjudicação

Início dos trabalhos

estudos geológicos e hidrogeológicos do local que, basicamente, pouco afectam o projecto, servindo apenas para justificar, à posteriori, a localização do aterro.

LOCALIZAÇÃO

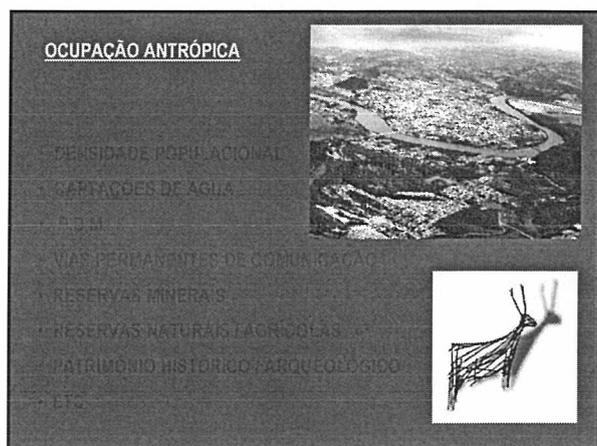
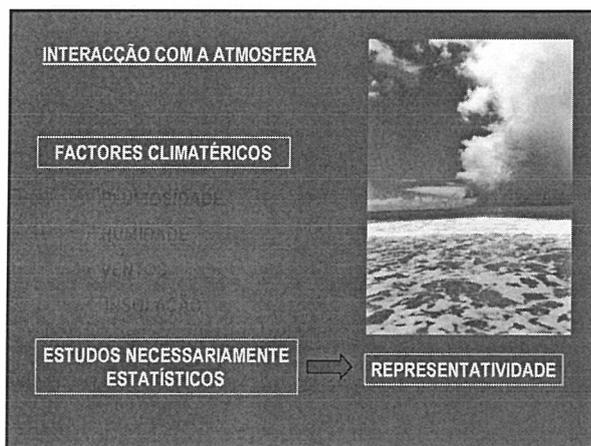
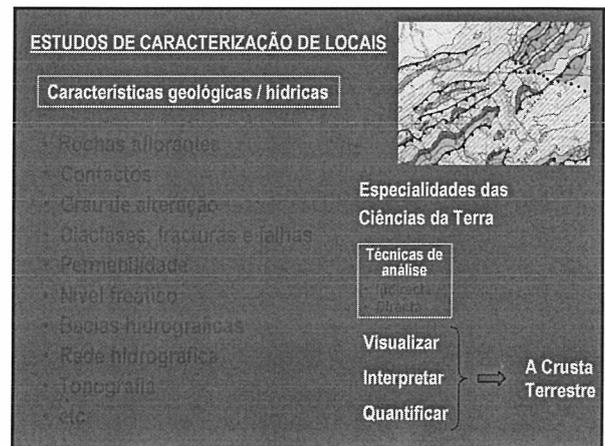
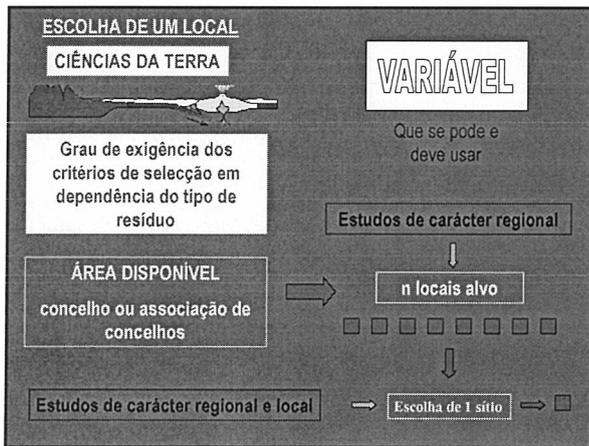
Situação desejável:

- 1) Selecção de um local através do cruzamento de informação geográfica, logística, económica, geológica, hidrogeológica,

- 2) selecção de uma empresa, adjudicação

Início dos trabalhos

Estudos geológicos e hidrogeológicos de pormenor no local, com vista a avaliar o impacto do aterro sobre captações pré-existentes na envolvente. Sua monitorização no ponto zero.



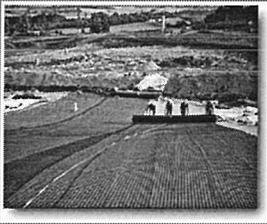
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS

CARACTERIZADO O RESÍDUO

SELECIONADO E CARACTERIZADO UM LOCAL SOB OS PONTOS DE VISTA GEOLÓGICO E CLIMÁTICO

SE NÃO EXISTEM SÍTIOS IDEIAIS, DEBEM-SE CONSTRUI-LOS DE FORMA PERFEITOS

PROJECTO DO ATERRO



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS



Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção
Sistemas de impermeabilização
Controlo do sistema de impermeabilização durante a construção
Sistema de drenagem de águas superficiais
Sistema de drenagem de lixiviados
Meios de captação e climatização de lixiviados
Procedimentos de recuperação paisagística

Sistema de tratamento/neutralização de lixiviados
Sistemas de monitorização da qualidade das águas e de ar
Medidas de actuação em caso de fuga de lixiviados ou de gases
Meios de deturpamento e controlo de ruídos e vibrações
Projecto de segurança
Projecto de recuperação paisagística

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS



Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção
Sistemas de impermeabilização
Controlo do sistema de impermeabilização durante a construção
Sistema de drenagem de águas superficiais
Sistema de drenagem de lixiviados
Meios de captação e climatização de lixiviados
Procedimentos de recuperação paisagística

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS

Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção
Sistemas de impermeabilização
Controlo do sistema de impermeabilização durante a construção
Sistema de drenagem de águas superficiais

Sistema de drenagem de lixiviados



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS

Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS



Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção
Sistemas de impermeabilização
Controlo do sistema de impermeabilização durante a construção
Sistema de drenagem de águas superficiais
Sistema de drenagem de lixiviados
Meios de captação e climatização de lixiviados
Procedimentos de recuperação paisagística

Projecto de exploração do aterro



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS



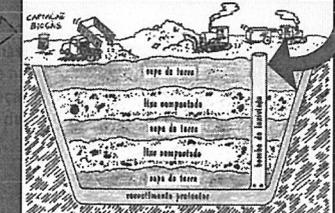
Sistemas de tratamento/neutralização de lixiviados

Sistemas de controlo de fugas de gás e de ar
Medidas de redução em caso de fuga de lixiviados ou de gás
Medidas de deteção e controlo de ruídos e vibrações
Projecto de selagem
Projecto de recuperação paisagística
etc.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS

Dimensionamento do aterro
Infra-estruturas de apoio
Vias de acesso e circulação
Barreiras de protecção
Sistemas de impermeabilização
Controlo de sistema de impermeabilização durante a construção
Sistema de drenagem de águas superficiais

Sistema de drenagem de lixiviados
Meios de captação e eliminação de biogás



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS

Infra-estruturas de apoio



Projecto de selagem
Projecto de recuperação paisagística

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ATERROS



Projecto de recuperação paisagística

VOLTANDO À LOCALIZAÇÃO

Sob o ponto de vista técnico, um aterro pode construir-se em qualquer sítio (quase...)

VOLTANDO À LOCALIZAÇÃO

perspectiva geo-ambiental

Sob o ponto de vista económico vale a pena investir na fase de pré-selecção de locais

LOCALIZAÇÃO - relembrando

Situação desejável:

1) Seleção de um local através do cruzamento de informação geográfica, logística, económica, geológica, hidrogeológica,

2) seleção de uma empresa - adjudicação

Início dos trabalhos

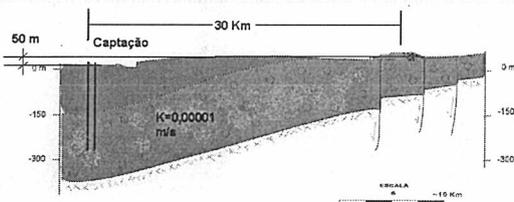
Estudos geológicos e hidrogeológicos de pormenor no local, com vista a avaliar o impacto do aterro sobre captações pré-existentes na envolvente. Sua monitorização no ponto zero.

Porque será que a situação frequente não é a desejável?

Basicamente porque o Estado se vem demitindo das suas funções, não dotando os organismos estatais, que detêm as competências e os conhecimentos necessários a um efectivo apoio dos municípios, com a capacidade de intervenção necessária. Menos estado = pior estado do planeamento territorial. Saibamos copiar o lado positivo dos países mais desenvolvidos que não abdicam de possuírem fortes instituições governamentais que não cessam de realizar o trabalho de base.

Não é de exigir que esse tipo de competência exista nos municípios nem nas empresas privadas. Há organismos estatais que detêm essa competência e só com o seu apoio, em colaboração com os técnicos dos municípios, se poderão tomar as opções correctas.

Corte esquemático dos aquíferos na zona de Aveiro-Vagos (IGM)



Estimativa Simplista - Lei de Darcy

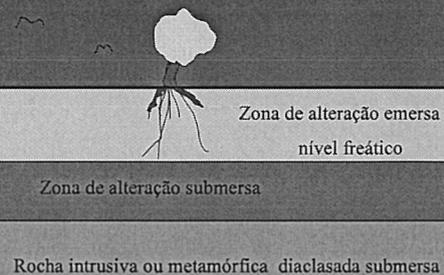
Distância L=	30000	m
Desnível dH=	50	m
Gradiente piezométrico dH/L=	0.001666667	
Condutividade hidráulica K=	0.00001	m/s
Velocidade de filtração V=	1.66667E-08	m/s
Porosidade=	0.08	
Velocidade microscópica Vmic=	2.08333E-07	m/s
	0.00075	m/h
	0.54	m/mês
	197.1	m/ano
Tempo de transp.sem dif.	152	anos

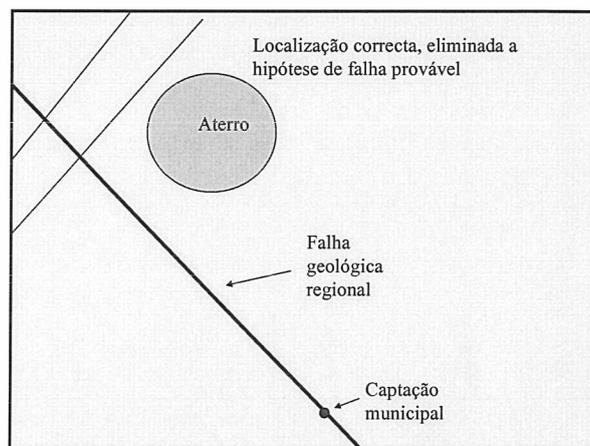
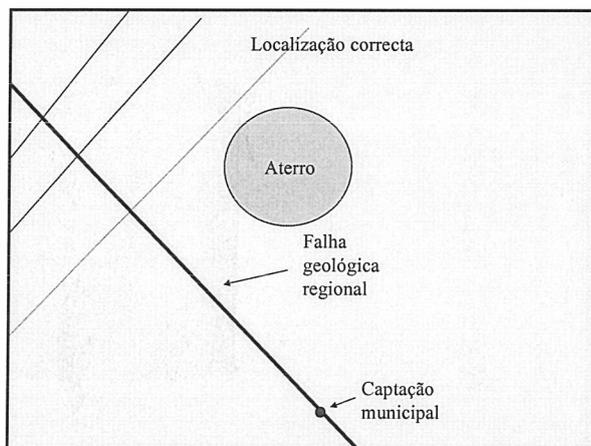
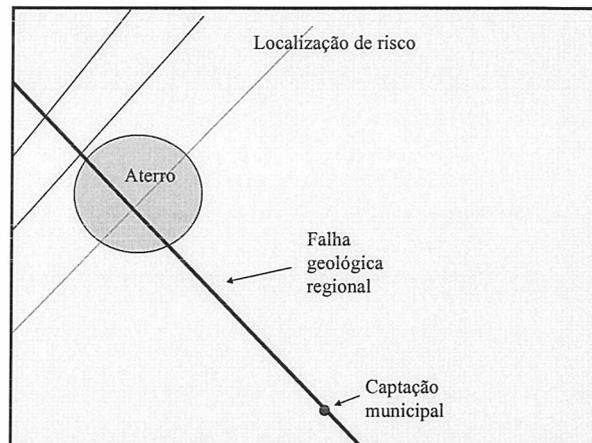
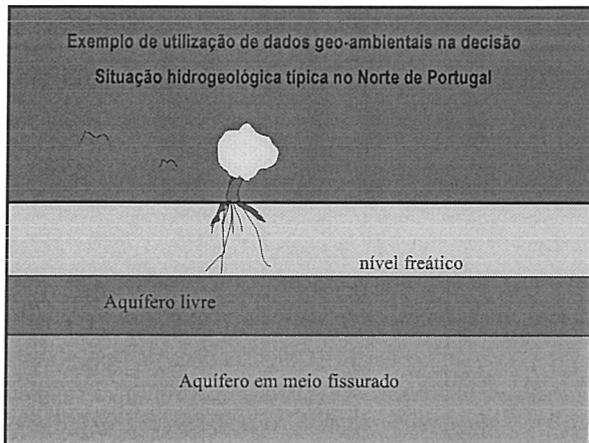
A identificação das zonas de recarga que abastecem as captações municipais poderá contribuir para um mais correcto ordenamento territorial e ser precioso auxiliar no aperfeiçoamento dos PDMs.

Poderá, inclusivamente, levar a acções de recuperação de solos em zonas de risco para os aquíferos.

Exemplo de utilização de dados geo-ambientais na decisão

Situação hidrogeológica típica no Norte de Portugal





As tentações da localização:

- 1) Localizar o aterro junto a uma lixeira pré-existente: já estão habituadas as populações...
- 2) Localizar o aterro numa fronteira comum dos municípios: dividir o mal pelos municípios...
- 3) Localizar alto: longe da vista...

1) Localizar o aterro junto a uma lixeira pré-existente: a população já está habituada ao incómodo...

mas e se a lixeira vier a contaminar as águas subterrâneas; como provar que a origem é da lixeira e não do aterro? (ou vice-versa...)

2) Localizar o aterro numa fronteira comum aos municípios: dividir o mal pelos municípios...

Pode ser correcto, desde que não coincida com uma zona de recarga de aquíferos e seja economicamente aconselhável.

3) Localizar alto: longe da vista...

investimento inicial mais baixo, custos operacionais mais elevados;

pode ser correcto, mas não esquecer:

- que chove mais nas terras altas;
- que os camiões vão gastar combustível a subir carregados;
- que as águas das terras altas descem graviticamente para os vales

Conclusão(1):

Qualquer local de implantação envolve riscos;

Quanto mais informação se dispuser mais se antecipam as consequências;

A informação geológica e hidrogeológica pode e deve ser usada; está disponível e a sua utilização pode livrar-nos de muitas surpresas desagradáveis.

Não deve ser esquecida!

Conclusão(2):

As autoridades municipais devem exigir o apoio das entidades estatais competentes e fazer pressão para que a informação de base lhes seja facultada, de forma atempada, constituindo um suporte técnico e científico da decisão que poupará muitos gastos supérfluos na fase da exploração e, finalmente, da selagem do aterro

Conclusão(3):

A informação geológica e hidrogeológica disponível deve ser usada na fase de triagem de locais;

O levantamento geológico e hidrogeológico de pormenor deve identificar captações pré-existentes e monitorizá-las antes da construção do aterro.

Conclusão(4):

A informação geológica e hidrogeológica disponível pode aconselhar ao tratamento de solos contaminados que estejam localizados em zonas de recarga de aquíferos onde se encontrem implantadas captações.