

# **Aterros de resíduos: ensinamentos recentes sobre os geossintéticos nos sistemas de confinamento**

Agência Portuguesa do Ambiente  
13-14 Maio 2008

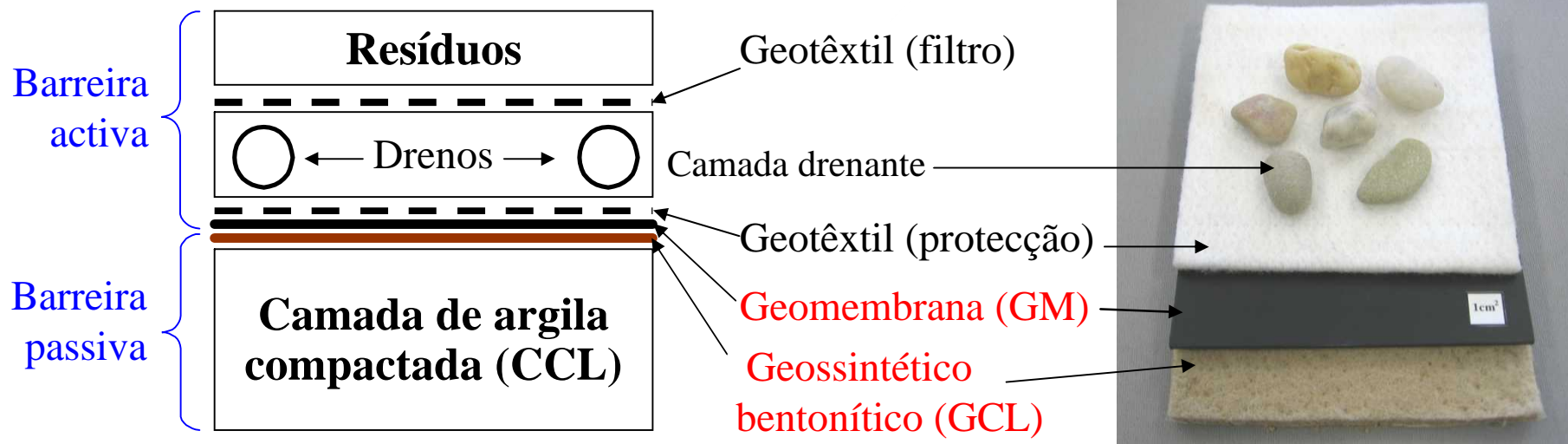
Madalena Barroso, LNEC

# Sistema de confinamento basal

## Directiva Europeia 1999/31/EC (aterros não perigosos)

- > Protecção do solo e águas (superficiais e subterrâneas): barreira geológica + confinamento artificial (geomembrana)+ sistema de captação de lixiviados
- > Barreira geológica:  $k \leq 10^{-9}$  m/s;  $\geq 1$  m
- > Barreira geológica não cumprir: complementar-se com outros materiais que proporcionem uma protecção **equivalente (?)**

# Sistema de confinamento basal perfil típico



Deverão todos os aterros ter o mesmo perfil,  
independentemente das condições geológicas?



## Dimensionamento dos sistemas de confinamento

- > **Regulamentações:** os requisitos relativos ao perfil do sistema de confinamento (tipo, dimensões e características das camadas) são regulamentados através de normas, nomeadamente a [Directiva Europeia 1999/31/EC](#)
- > **Critérios de desempenho:** levam em conta as condições geológicas do local, bem como outros factores (transporte de contaminantes, concentrações admissíveis nas águas subterrâneas, etc.)



## Ensinaamentos com base nos aterros acompanhados projecto

- > Estabilidade de taludes: incorrecta com frequência
- > Dimensionamento dos geossintéticos: não inclui todas as propriedades relevantes, de acordo com a suas funções, nem cálculos realizados
- > Tabelas de especificações: incompletas, ou omissas

# Ensinaamentos com base nos aterros acompanhados

projecto • tabela de especificações para geotêxteis (exemplo)

	Propriedades	Valores requeridos	Norma de ensaio	Função	
Propriedades a especificar	porometria	$\leq \mu\text{m}$	NP EN ISO 12956	Filtro, Dreno, Separação	
	permissividade	$\geq \text{mm/s}$	NP EN ISO 11058	Filtro, Dreno	
	transmissividade	$\geq \text{m/s}$	NP EN ISO 12958	Dreno, Filtro	
	resistência à tracção	longitudinal	$\geq \text{kN/m}$	NP EN ISO 10319	Reforço, Separação, Filtro, Protecção, Dreno
		transversal	$\geq \text{kN/m}$		
	extensão	longitudinal	$\geq \%$		Reforço, Protecção, Separação, Filtro
		transversal	$\geq \%$		
	resistência ao punçoamento estático (CBR)*	$\geq \text{kN}$	NP EN ISO 12236	Separação, Reforço, Protecção	
	resistência ao punçoamento dinâmico (cone drop test)*	$\geq \text{mm}$	EN 918	Reforço, Protecção, Separação	
	resistência ao rasgamento	longitudinal	$\geq \text{kN/m}$	e.g.: ASTM D 4533	Protecção, Separação, Reforço
transversal		$\geq \text{kN/m}$			
	durabilidade	dependente da propriedade	**	Todas	
Outras propriedades	massa por unidade de área	$\text{g/m}^2$	NP EN ISO 9864	Todas	
	espessura	mm	NP EN ISO 9863-1	Todas	
Informações sobre o produto	processo fabrico	(tecido/não tecido...)	-	Todas	
	tipo de polímero	(matéria prima)	-	Todas	

# Ensinaamentos com base r Construção

- > Dessecação da CCL
- > Degradação da superfície de apoio
- > Sobreposição
- > Dessecação
- > Hidratação
- > Orifícios na GM



ACIONAL  
CIVIL



## Ensinaamentos com base nos aterros acompanhados

### Construção (continuação)

- > Soldaduras deficientes
- > Deslizamento na interface entre os geossintéticos ou entre geossintético/solo (talude)
- > Degradação dos filtros de geotêxtil por excessiva exposição aos UV
- > Colmatação dos filtros de geotêxtil
- > Degradação da camada de sistema de cobertura





# Sistema de confinamento

## recomendações • projecto

- > prever metodologias para reduzir a erosão nos taludes
- > especificações sobre o modo de proteger as GM e de colocar as camadas subsequentes
- > prescrever a obrigatoriedade de utilização de métodos de detecção de orifícios na GM (métodos eléctricos)
- > dar maior atenção ao dimensionamento dos filtros e drenos
- > abolição do revestimento dos colectores perfurados com geotêxtil
- > realizar uma análise de estabilidade rigorosa, que inclua forças de percolação e demais forças aplicadas (sismos, biogás)
- > re-definir as dimensões das faixas iniciais das sobreposições entre os painéis de geossintéticos (GCL), atendendo aos assentamentos previsíveis
- > dimensionamento com base em critérios de desempenho

# Sistema de confinamento

## recomendações • construção

- > maior intransigência na fiscalização do acabamento da superfície subjacente à GM
- > colocação de forma incremental das diferentes camadas de materiais do sistema de confinamento de fundo e cobertura
- > maior controlo das uniões entre os painéis: sobreposição adequada para a posterior realização das soldaduras e, no caso das GMs, ser intransigente quanto à inexistência de dobras, rugas, sujidade e humidade
- > maior vigilância durante a realização das soldaduras de GM, sobretudo em juntas em T e Y e ligações a tubos
- > privilegiar a recolha de amostras para a realização de ensaios destrutivos em locais não críticos e definir a frequência de amostragem em função da qualidade das soldaduras
- > enfoque na realização diária de ensaios de pré-qualificação das soldaduras
- > maior atenção ao carregamento provisório da GM no interior da vala de ancoragem
- > fiscalização deve ainda ser inflexível no controlo da realização da camada drenante sobrejacente à geomembrana
- > implementação de **Planos de Garantia de Qualidade**



## Plano de Garantia de Qualidade da Instalação de Geossintéticos (Plano de GQIG)

- > Documento que define as **responsabilidades** dos vários intervenientes na construção; indica os **relatórios** a elaborar para evidenciar a qualidade da construção; e apresenta as **actividades de garantia da qualidade da construção** para os geossintéticos
- > Visa **assegurar** uma construção com qualidade e segundo as condições especificadas no projecto e/ou as disposições e especificações regulamentadas

# Importância do Plano de GQIG

## > Orifícios

Forget et al., 2005

Com Plano de GQIG	Sem Plano de GQIG
0,5/ha	16/ha

## > Lixiviado colectado no sistema de detecção de fugas (aterros com confinamento duplo)

Bonaparte & Gross; USEPA

Com Plano de GQIG (40%)	Sem Plano de GQIG (70%)
50 l/ha/dia	1000 l/ha/dia

## Plano de GQIG

- > Elaborado pelo LNEC e implementado em mais de 20 aterros de resíduos não perigosos e 2 aterros de resíduos perigosos
- > Ciente da sua importância, procedeu-se recentemente à actualização deste documento à luz dos conhecimentos adquiridos e dos desenvolvimentos relatados no domínio dos geossintéticos
- > Procura colmatar algumas lacunas (e.g. critérios de aceitação das soldaduras)



# Plano de GQIG

- 1 Introdução**
- 2 Objectivos**
- 3 Intervenientes no plano de GQIG e suas responsabilidades**
  - 3.1 Dono de Obra
  - 3.2 Projectista
  - 3.3 Empreiteiro
  - 3.4 Fabricante de geossintéticos
  - 3.5 Instalador de geossintéticos
  - 3.6 Fiscalização
  - 3.7 Entidade licenciadora
  - 3.8 Entidade independente
- 4 Organização das actividades de GQIG**
- 5 Documentação (relatórios)**
  - 5.1 Folhas de registo
  - 5.2 Relatórios periódicos
  - 5.3 Relatório sobre modificações
  - 5.4 Relatório final
- 6 Actividades de GQIG**
  - 6.1 Geossintéticos
    - 6.1.1 Tipos e funções
    - 6.1.2 Propriedades relevantes e selecção
  - 6.2 Geomembranas
    - 6.2.1 Selecção
    - 6.2.2 Recepção e aceitação
    - 6.2.3 Transporte e manuseamento
    - 6.2.4 Armazenamento
    - 6.2.5 Controlo de qualidade da instalação
    - 6.2.6 Cobertura e protecção da geomembrana
    - 6.2.7 Métodos eléctricos de detecção de fugas
  - 6.3 Geossintéticos bentoníticos
    - 6.3.1 Selecção
    - 6.3.2 Recepção e aceitação
    - 6.3.3 Transporte e manuseamento
    - 6.3.4 Armazenamento
    - 6.3.5 Controlo de qualidade da instalação
  - 6.4 Geotêxteis
    - 6.4.1 Selecção
    - 6.4.2 Recepção e aceitação dos geotêxteis
    - 6.4.3 Transporte e manuseamento
    - 6.4.4 Armazenamento
    - 6.4.5 Controlo de qualidade da instalação
  - 6.5 Geocompósitos drenantes
    - 6.5.1 Selecção
    - 6.5.2 Recepção e aceitação
    - 6.5.3 Transporte e manuseamento
    - 6.5.4 Armazenamento
    - 6.5.5 Controlo de qualidade da instalação

**ANEXO I – Marcação CE**

**ANEXO II – Exemplos de Folhas de Registo**



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

**PLANO DE GARANTIA DE QUALIDADE DA INSTALAÇÃO  
DOS GEOSINTÉTICOS (PLANO DE GQIG) EM ATERROS  
DE RESÍDUOS**

Madalena Barroso  
Maria da Graça Lopes

LNEC

ICT INFORMAÇÃO TÉCNICA  
DEPARTAMENTO GEOTECNIA - ITG 27

# Conclusões

- > o dimensionamento dos sistemas de confinamento basal e de cobertura deve ser adaptado, de acordo com os desenvolvimentos recentes no domínio técnico-científico, e a regulamentação deve acompanhar (e ser precursora) dessas alterações
- > **projecto deve prescrever a obrigatoriedade de utilização de métodos de detecção de orifícios na GM, bem como especificações e planos de garantia de qualidade para os diferentes materiais e técnicas construtivas**
- > **deve dar-se mais atenção às técnicas de boa prática construtiva**

Obrigada pela atenção  
dispensada !