

ATERROS MULTIMUNICIPAIS DE RESÍDUOS: DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E CONTROLO DE QUALIDADE DOS GEOSSINTÉTICOS

PORTUGUESE MULTIMUNICIPAL LANDFILLS: DESIGN, INSTALLATION AND QUALITY CONTROL OF GEOSYNTHETICS

Barroso, Madalena C. P*.

Lopes, M^a. da Graça D. A. **

**Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

***Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*

RESUMO: Este artigo reporta-se aos geossintéticos, nomeadamente aos aspectos relacionados com a sua instalação nos aterros multimunicipais de resíduos sólidos urbanos que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) acompanhou. Aborda-se o projecto, apresenta-se o plano de garantia de qualidade de construção e relatam-se os principais problemas ocorridos no decorrer da instalação das geomembranas.

ABSTRACT: This paper focuses its attention on geosynthetics. The main design requirements adopted at multimunicipal sanitary landfills, the construction quality assurance prepared by *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* (LNEC) and, finally, the principal construction problems detected during the installation of the geomembranes, are reported.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial associado ao desenvolvimento da sociedade de consumo conduz a uma elevada produção de resíduos. De acordo com o PERSU (1999), em Portugal, em 1995, eram produzidos cerca $3,34 \times 10^6$ t/ano de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), estimando-se em 3% a taxa de crescimento anual. Destes, 60% eram colocados em lixeiras, 16% em vazadouros controlados, 15% em aterros controlados e 9% em estações de compostagem. Nos últimos anos, foi feito um esforço muito importante no sentido de alterar esta situação, assistindo-se presentemente ao encerramento das lixeiras e à construção de diversos aterros de resíduos. Prevê-se que até ao corrente ano sejam encerradas trezentas lixeiras e quarenta aterros de resíduos entrem em fase de exploração (figura 1).

De entre os aterros de resíduos já construídos, foi dada especial atenção aos que atingiram maiores dimensões: os multimunicipais. Para estes, o Ministério do Ambiente através do Instituto dos Resíduos e da Empresa Geral de Fomento, S.A., solicitou a colaboração do LNEC, com vista ao controlo de qualidade dos projectos e da construção. No âmbito do trabalho desenvolvido, o controlo de qualidade dos materiais sintéticos assumiu um papel de destaque, pois estes materiais são cada vez mais utilizados em substituição dos materiais tradicionais e nas mais diversas aplicações, designadamente com as funções de estanqueidade, protecção, drenagem, filtração, separação e reforço.

O presente artigo refere os aspectos mais relevantes relacionados com os geossintéticos nos aterros de resíduos multimunicipais em que o LNEC esteve envolvido, nomeadamente no que se refere ao projecto, aplicação e garantia de qualidade de construção. Apresenta, ainda, os principais problemas ocorridos no decorrer da instalação das geomembranas.

2. SISTEMAS DE CONFINAMENTO: CONCEPÇÃO

Na impossibilidade de instalar os aterros de resíduos apenas em locais que reunissem as características ideais de um ponto de vista geológico-geotécnico, projectaram-se sistemas de confinamento para

garantir que os mesmos não seriam uma fonte contaminação, em particular para as águas subterrâneas.

Nos sistemas de confinamento a utilização de geossintéticos foi lugar comum. Tal facto deveu-se, sobretudo, às vantagens que apresentam comparativamente aos materiais tradicionais, nomeadamente permitem aumentar a capacidade de armazenamento dos aterros (ocupam menor espaço), são mais homogéneos e oferecem facilidade de instalação, principalmente em taludes muito inclinados (Lopes, 1999).

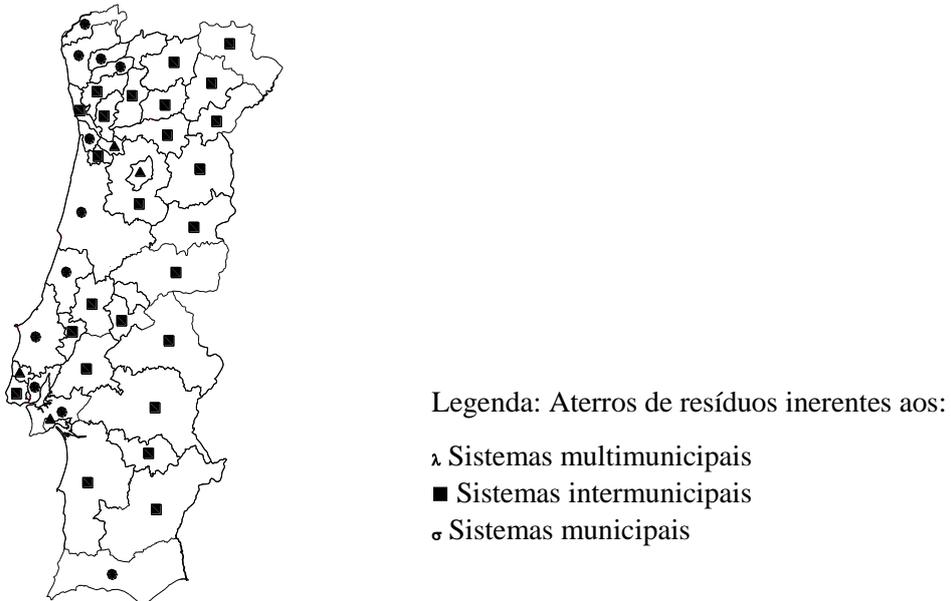


Figura 1. Localização sistemas de gestão de RSU (adaptado PERSU, 1999)

Porém, em Portugal, a selecção dos geossintéticos era frequentemente feita com base em recomendações dos fornecedores, relegando-se para segundo plano o seu dimensionamento de acordo com as solicitações a que vão estar sujeitos em obra. Este facto devia-se, por um lado, à ausência de especificações técnicas internas sobre a aplicação de geossintéticos e, por outro, à parca experiência existente com este tipo de obras.

Nos aterros multimunicipais de resíduos que o LNEC acompanhou, de um modo geral realizados entre 1997 e 1999, esta situação foi progressivamente alterada, verificando-se uma preocupação crescente com os geossintéticos, tanto por parte dos projectistas como dos donos-de-obra.

No caso particular dos sistemas de confinamento da base e taludes laterais, a solução de projecto encontrada consistiu num sistema de multicamadas, idêntico em todos os eles, em que se combinaram os solos com os geossintéticos (Barroso & Lopes, 1999): solo de fundação, geossintético bentonítico (GCL), geomembrana, geotêxtil, camada mineral e/ou geocompósito drenante (nos taludes), tal como está ilustrado na figura 2.

A geomembrana utilizada foi sempre de polietileno de alta densidade (PEAD) com 2 mm de espessura, e destinou-se a servir de barreira activa à migração dos lixiviados. A geomembrana foi colocada sobre um solo argiloso de baixa permeabilidade e/ou um GCL, utilizados para salvaguardar eventuais fugas. A fim de minimizar a vulnerabilidade da geomembrana, sobre esta, foi colocada um geotêxtil e uma camada arenosa. Para assegurar a drenagem foi utilizada uma camada de solo de granulometria grosseira. Em muitos casos, por fim, foi ainda instalado um geotêxtil, com a função de filtro. Em um aterro de resíduos, em que a fundação era constituída por xistos, nos taludes colocou-se sobre o substrato rochoso uma geogrelha, para acautelar o punçoamento da geomembrana.

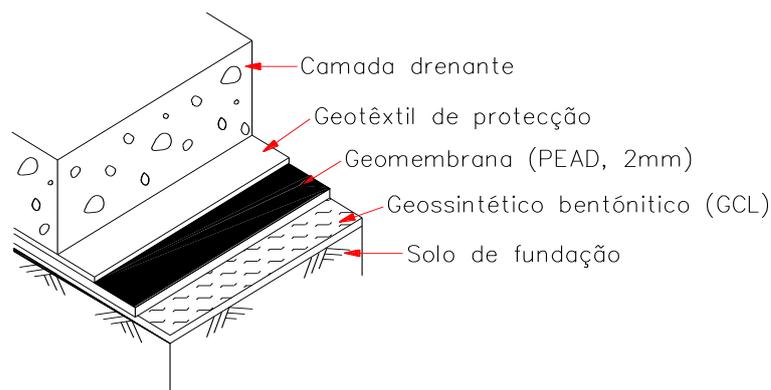


Figura 2. Sistemas de confinamento lateral e de fundo dos aterros multimunicipais de resíduos

Relativamente aos sistemas de cobertura final, nem sempre previstos nos projectos analisados, as recomendações da Proposta de Directiva Comunitária sobre a Deposição de Resíduos em Aterro (COM 97) incluem a utilização de: uma camada de solo de regularização, a colocar directamente sobre a massa de resíduos; uma camada de drenagem do biogás; uma camada confinante, constituída por uma geomembrana ou por um solo de baixa permeabilidade, com 0,5 m de espessura; uma camada drenante de espessura superior a 0,5 m; e uma camada final de solo, com 1 m de espessura.

3. PLANO DE GARANTIA DE QUALIDADE DE CONSTRUÇÃO

No âmbito da assessoria prestada pelo LNEC ao Instituto dos Resíduos e à Empresa Geral de Fomento, S.A., com vista ao controlo de qualidade dos aterros multimunicipais de resíduos, para além da apreciação dos projectos, foi, também, preparado um Plano de Garantia de Qualidade da Construção (PGQC). O objectivo deste plano foi o de assegurar que os materiais, solos e técnicas construtivas empregues cumpram o especificado no projecto e/ou disposições ou especificações regulamentadas.

No que diz respeito aos geossintéticos, o PGQC definiu os seguintes aspectos:

- as responsabilidades das partes envolvidas, nomeadamente dono de obra, projectista, construtor, instalador dos geossintéticos, fiscalização e LNEC;
- as actividades de inspecção (observação visual e ensaios);
- os procedimentos de amostragem;
- os documentos requeridos (os fornecidos pelos produtores de geossintéticos e os relatórios a elaborar no decurso da construção).

De entre os geossintéticos, o controlo de qualidade das geomembranas foi privilegiado. Visou, por um lado, o controlo dos aspectos relacionados com o fabrico e, por outro, a instalação em obra. De um modo geral, a concretização do PGQC incluiu as seguintes acções:

- verificação dos documentos de controlo que qualidade de fabrico fornecidos pelos produtores;
- supervisão dos procedimentos de transporte, armazenamento, controlo de etiquetagem e colocação dos materiais em obra;
- inspecção visual preliminar, com vista a detectar possíveis defeitos na geomembranas;
- controlo de qualidade das soldaduras: (a) verificação resultados dos ensaios destrutivos (corte e arranque) e dos ensaios não destrutivos (pressão e vácuo) realizados pelos instaladores, e (b) realização dos mesmos ensaios *in situ* e no LNEC;
- análise dos documentos elaborados pela fiscalização.

4. INSTALAÇÃO DAS GEOMEMBRANAS

No decorrer da instalação das geomembranas nos aterros multimunicipais de resíduos, foram observados alguns problemas, que se descrevem seguidamente com o intento de servirem de alerta em futuras obras.

4.1. Punçoamento da geomembrana

As geomembranas são materiais bastante susceptíveis ao punçoamento. Durante a sua instalação em obra, ficam sujeitas a diversos tipos de agressões, nomeadamente devido à movimentação de equipamentos, de ferramentas, colocação das camadas subjacentes, etc., que podem causar danos, comprometendo o desempenho do sistema de confinamento.

O punçoamento das geomembranas ocorre com alguma frequência, não se encontrando as pessoas devidamente cientes dos riscos envolvidos e muito menos das consequências daí resultantes. Com esta preocupação em mente, com o objectivo de identificar (quantitativa e qualitativamente) os orifícios existentes, num aterro de resíduos foi colocado um sistema de detecção de fugas sob a geomembrana. Apesar de se terem seguido as regras gerais de boa prática no que respeita aos materiais utilizados e ao processo de instalação, observou-se que a geomembrana apresentava pequenos orifícios, a maior parte dos quais resultantes não da colocação da camada de drenagem dos lixiviados como seria expectável, mas de ossos existentes entre a camada mineral e o GCL colocado antes da geomembrana (figura 3). Estes ossos, transportados pelas gaiivotas, eram de pequenas dimensões e sem superfícies aguçadas visíveis, pelo que não foram removidos.

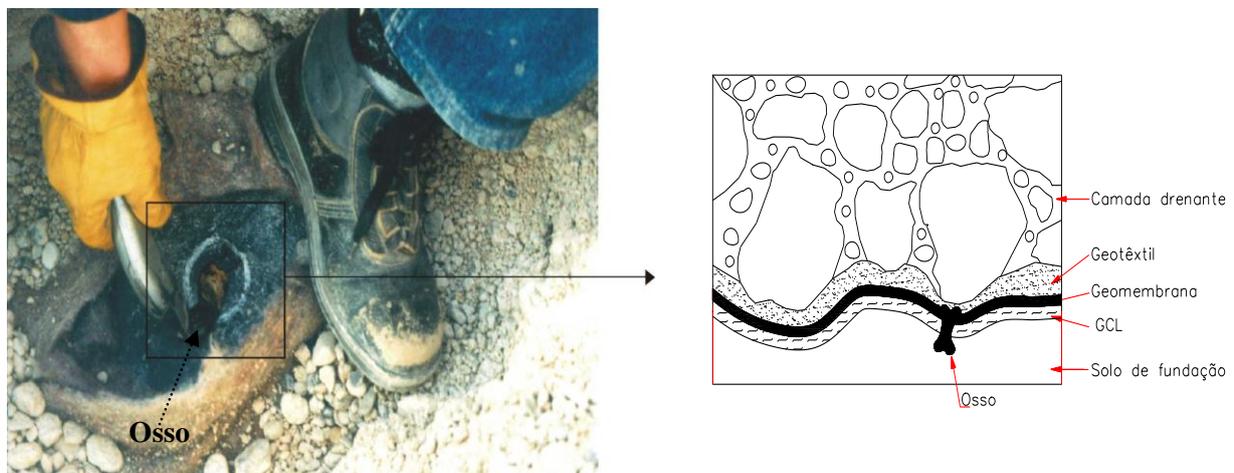


Figura 3. Exemplo de punçoamento da geomembrana causado por ossos

A utilização do sistema de fugas veio, por um lado, evidenciar a importância das inspeções visuais antes da colocação da camada de protecção à geomembrana e, por outro, tornar possível a identificação de pequenos rasgos, como, por exemplo, os provenientes da utilização menos cuidada do canivete durante o corte de amostras para ensaios destrutivos, que doutra forma seriam imperceptíveis, mas que tornariam ineficiente o sistema de confinamento projectado.

4.2. Efeitos térmicos

A união de geomembranas *in situ* deve ser sempre efectuada com condições climáticas favoráveis, nomeadamente sem chuva, nevoeiro, vento excessivo e com temperaturas que não devem ser inferiores a 10°C ou superiores os 40°C. Durante a construção dos referidos aterros de resíduos, a

instalação dos geossintéticos decorreu de um modo geral no verão, altura em que no nosso país se registam elevadas temperaturas. Se tivermos presente que as geomembranas empregues eram de cor negra e que os aterros eram obras expostas ao sol, facilmente se adivinha que as temperaturas subiram acima dos 40°C. Com temperaturas desta ordem de grandeza as geomembranas expandiram formando dobras. A fim de se evitar a formação de dobras e a execução de soldaduras deficientes, o trabalho de soldar foi executado apenas antes das 11 h e/ou depois das 17 h e só quando dois rolos adjacentes atingiram o mesmo grau de expansão.

Também relacionado com as flutuações diárias da temperatura, foi observado outro aspecto interessante. Os resultados dos ensaios destrutivos das soldaduras (corte e arranque), quando realizados em laboratório de obra, onde muitas vezes não existia temperatura condicionada e esta era inferior à recomendada na Norma de Ensaio (ASTM D 4437), apresentavam valores de resistência à rotura superiores aos obtidos quando os ensaios eram realizados de acordo com a temperatura indicada na Norma. Este aspecto revelou-se bastante importante já que, de acordo com os resultados dos ensaios realizados *in situ*, se atingiam os valores de resistência à rotura especificados no projecto quando, de facto, as soldaduras nem sempre eram aceitáveis.

4.3. Ancoragem das geomembranas

No que diz respeito à ancoragem, observaram-se principalmente dois tipos de problemas. O primeiro prendeu-se com a formação de dobras no pé do talude (figura 4), em resultado do escorregamento das geomembranas e deveu-se ao inadequado carregamento provisório da vala de ancoragem. O segundo, relacionou-se com a utilização de materiais impróprios para enchimento das valas de ancoragem, os quais eram susceptíveis de punçoar a geomembrana, mesmo se protegida com geotêxtil.

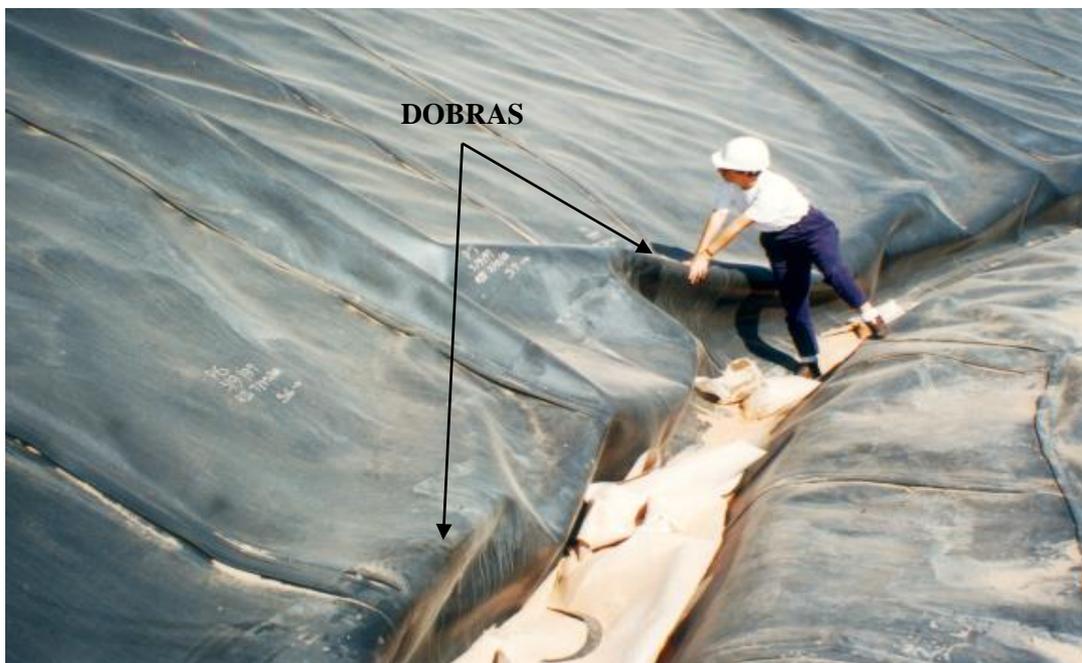


Figura 4. Exemplo de dobras resultantes de insuficiente carregamento provisório

4.4. Exposição aos ultravioletas

Em muitos dos aterros de resíduos construídos, prevê-se que geossintéticos fiquem expostos à luz solar por períodos que podem ultrapassar os doze anos. Nos taludes, ainda que sobre a geomembrana tenha sido colocado um geotêxtil, estas podem ficar expostas às radiações ultravioletas caso os

geotêxteis se degradem. Nessas condições, as propriedades das geomembranas podem também alterar-se, com consequências potencialmente graves para a integridade do sistema de confinamento. Assim, a selecção de materiais com adequada resistência aos ultravioletas é imprescindível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da experiência resultante da construção dos aterros de resíduos multimunicipais, apresentam-se seguidamente alguns aspectos que merecem maior atenção no futuro:

- o controlo de qualidade dos geossintéticos (fabrico e instalação) deve ser rigorosamente cumprido, de modo a garantir a integridade dos sistemas de confinamento. Neste sentido, seria uma mais valia se a utilização de sistemas de detecção de fugas se tornasse obrigatória, já que possibilitaria a reparação de danos antes do início da exploração do aterro, até porque depois eles dificilmente podem ser corrigidos;
- a durabilidade dos geossintéticos não deve ser descurada, pois é fundamental garantir que as propriedades dos materiais se mantêm a longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer, ao Programa PRAXIS XXI do Ministério da Ciência e Tecnologia e ao FEDER, pelo financiamento concebido no âmbito do Projecto 3/3.1/CEG/2598/95.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barroso, M. C. P. & Lopes, M. G. D. A. (1999). Portuguese multimunicipal landfills: design and construction. Proceedings of Sardinia'99, Seventh Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy.

COM (97). Draft Proposal for a Council Directive on the Landfill of Waste. Official Journal of the European Communities C156/10, 24th May 1997, Brussels. Belgium.

Ministério do Ambiente. Instituto dos Resíduos. Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU). Lisboa, Abril de 1999.

Lopes, M. G. D. A. (1999). Experiência no controlo de qualidade da construção de aterros de resíduos. 2^{as} Jornadas Técnicas Internacionais de Resíduos. LNEC, Lisboa.