



Contribuições para promover a construção sustentável

Comissão técnica para a valorização de resíduos em obras geotécnicas (CT-VROG) da sociedade portuguesa de geotecnia (SPG)

A capacidade do meio ambiente para receber os resíduos gerados diariamente pela sociedade em quantidades muito elevadas e crescentes não é infinita, pelo que se vem procurando, por um lado, minimizar a sua produção e, por outro, implementar políticas de uma gestão sustentável. Num sistema integrado de gestão de resíduos privilegiam-se a sua prevenção e redução, ou, não sendo estas viáveis, a sua reutilização, podendo ainda recorrer-se à reciclagem ou a outras formas de valorização, como a energética.

Desde há cerca de uma década que a geotecnia nacional se começou a interessar pelo estudo dos resíduos com vista à avaliação da viabilidade técnica da sua utilização na construção de infra-estruturas de transporte e de obras geotécnicas. Presentemente, são vários os resíduos que foram objecto de estudo no país, tendo-se já aplicado alguns destes em trechos piloto, no âmbito de projectos de investigação e desenvolvimento (I&D), e mesmo em obra.

Porém, comparativamente com outros países, como, por exemplo, a Alemanha, a Dinamarca e a Holanda, que já apresentam desde finais do século passado taxas de valorização em alguns resíduos de cerca de 100%, Portugal ainda se encontra numa situação muito deficitária relativamente a este procedimento.

Por se tratarem de materiais que só muito recentemente começaram a ser aplicados nas obras geotécnicas nacionais, são da maior importância os projectos de demonstração, pelo que na fase actual, se reveste da maior importância que as instituições de I&D, em parceria com os produtores e com os utilizadores destes materiais, liderem estes estudos. Paralelamente, importa produzir legislação adequada e incentivadora da utilização dos resíduos em obra, penalizar quer a sua

deposição em aterros de resíduos quer a extracção de materiais naturais (não renováveis), e criar uma plataforma que facilite o encontro entre os produtores de resíduos e os utilizadores (disponibilização de informação em sistemas de informação geográfica e criação de mercados de gestão de resíduos). Por último, importa divulgar os conhecimentos técnico-científicos adquiridos e promover acções de formação junto dos técnicos directamente ligados à valorização de resíduos em obras geotécnicas.

As perspectivas futuras são de que a utilização dos resíduos nas infra-estruturas de transporte e nas obras geotécnicas continue a aumentar, em resultado de uma maior sensibilização dos diferentes intervenientes (instituições de I&D, produtores e utilizadores de resíduos e projectistas, entre outros) para as questões relacionadas com a protecção do meio ambiente e para as políticas de construção sustentável.

Ciente da importância do tema em apreço, a Sociedade Portuguesa de Geotecnia (SPG) decidiu promover, no final de 2002, a criação de um Grupo de Trabalho (GT) na área da valorização de resíduos em obras geotécnicas. A partir de 2004, o GT passou a designar-se Comissão Técnica para a Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas (CT-VROG). O logótipo adoptado pela CT é o apresentado na Figura 1.

António José Roque
 Coordenador da
 CT-VROG/SPG
 Investigador Principal do
 Laboratório Nacional de
 Engenharia Civil



Fig.1_Logótipo da CT

A CT tem por finalidade fomentar a aquisição e a divulgação de conhecimentos e promover a adopção de políticas de construção sustentável em obras geotécnicas, para o que se propõe, no quadriénio iniciado em 2008:

- elaborar uma publicação com os principais conhecimentos e experiências existentes a nível nacional e internacional sobre a utilização de resíduos em obras geotécnicas;
- proceder à inventariação e geo-referenciação dos resíduos produzidos no país potencialmente valorizáveis em obras geotécnicas, com a disponibilização da informação em Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- promover a cooperação entre as entidades interessadas na implementação de políticas de construção sustentável;
- organizar conferências para divulgação dos conhecimentos actuais por especialistas nacionais e internacionais.

Presentemente, a CT é constituída por vinte e seis membros, em representação de vinte e uma entidades, de diferentes áreas de actividade, como sejam:

- Instituições de Ensino/Investigação - Centro para a Valorização de Resíduos, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Universidade de Aveiro;
- Administração Central - Agência Portuguesa do Ambiente;

- Associações Profissionais - Associação Profissional de Projectistas e Consultores;
- Donos de Obra - Brisa, Estradas de Portugal e Rede Ferroviária Nacional;
- Construtoras - Mota-Engil e Teixeira Duarte;
- Produtoras/Operadoras de Resíduos - Associação Portuguesa de Fundição, Demotri, EDP, Empresa Geral de Fomento, Assimagra, Lipor, Siderurgia Nacional, Valorpneu e Valorsul.

A CT começou por aprovar a lista dos resíduos com potencial interesse para os trabalhos a desenvolver no seu seio, ao longo do quadriénio 2008-2012. O Quadro 1 mostra os resíduos seleccionados, bem como a produção anual nacional, estimada em toneladas, e a Figura 2 ilustra esses materiais.

Para cada fluxo de resíduos apresentado no Quadro 1 foi constituído um GT e nomeado o seu Coordenador, podendo estes GT integrar elementos que não sejam membros da CT.

Por se entender que um dos instrumentos que mais pode contribuir para o aumento da utilização dos resíduos é a existência de um mercado organizado que possibilite o encontro da procura e da oferta destes produtos, a CT também criou um GT para geo-referenciar os resíduos e disponibilizar a informação em SIG.

A partir dos trabalhos desenvolvidos pelos diferentes GT da CT, será editada uma publicação no primeiro trimestre de 2012, com a designação: Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas. Caracterização e Medidas para o Desenvolvimento do Sector. O documento

Quad.1_Resíduos seleccionados pela CT-VROG para o quadriénio 2008-2012

RESÍDUOS (CÓDIGO LER*)	PRODUÇÃO ANUAL
*LER - Lista Europeia de Resíduos (Portaria 209/2004, de 3 de Março)	(x 10 ³ t)
Resíduos da exploração de minas e pedreiras (01)	
Escambros de pedreira (01 04 08)	14 000
Lamas de pedreira geradas na produção de agregados (01 04 12)	1 000
Lamas do corte e polimento de rochas ornamentais (01 04 13)	
Resíduos de processos térmicos (10)	
Escórias da combustão do carvão (10 01 01)	35
Escórias de aciaria (10 02 01)	250
Resíduos da fundição de peças ferrosas/não ferrosas (10 09/10 10)	75
Resíduos não especificados em outros capítulos da LER (16)	
Pneus usados (16 01 03)	100
Resíduos de construção e demolição (17)	
Betão (17 01 01)	7 500
Tijolo (17 01 02)	
Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (17 01 03)	
Misturas de betão, tijolos, ladrilhos telhas e materiais cerâmicos (17 01 07)	
Resíduos de instalações de gestão de resíduos e de estações de tratamento de água para consumo humano (19)	
Escórias de incineração de resíduos sólidos urbanos (19 01 12)	175
Lamas das Estações de Tratamento de Água para consumo humano (19 09 02)	25



Lamas geradas na produção de agregados



Cinzas de fundo da combustão do carvão



Escórias de aciaria



Resíduos da fundição de peças ferrosas/não ferrosas



Pneus usados



Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos



Escórias de incineração de resíduos sólidos urbanos



Lamas das Estações de Tratamento de Água para consumo humano

Fig.2_ Ilustração dos resíduos seleccionados pela CT-VROG para o quadriênio 2008-2012.

está estruturado nas cinco partes principais seguintes:

- Parte A – Conceitos Gerais;
- Parte B – Materiais, Resíduos e Aplicações;
- Parte C – Geo-referenciação dos Resíduos e Disponibilização da Informação em SIG;
- Parte D – Medidas e Estratégias;
- Parte E – Considerações Finais e Recomendações.

Tendo por base as comunicações dos GT publicadas nas Actas do Seminário sobre Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas. Caracterização e Medidas para o Desenvolvimento do Sector, que teve lugar na Universidade de Aveiro (UA), em Setembro de 2009, e foi organizado pela UA e pela CT, apresenta-se, em seguida, uma síntese desses trabalhos.

O GT para o *Enquadramento Legislativo* apresentou os instrumentos legais para a valorização de resíduos, e outros instrumentos, como os referentes ao planeamento e de índole económico-financeira. Ao nível do enquadramento legal geral salientou a instituição do Regime Geral de Gestão de Resíduos, a criação da Comissão de Acompanhamento de Gestão dos Resíduos, a introdução de um novo regime económico e financeiro da gestão dos resíduos e as disposições que visam simplificações administrativas, tal como o procedimento simplificado de licenciamento de operações de gestão de resíduos, em vigor desde a publicação do Decreto-Lei n.º 178/2006. Chamou igualmente a atenção para a nova Directiva Quadro dos Resíduos, Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro. Relativamente ao enquadramento legal específico mereceu especial importância a referência à legislação para o fluxo dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), publicada no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. No âmbito dos instrumentos de índole económico-financeira foi mencionada a introdução da Taxa de Gestão de Resíduos, a qual tem a função de desincentivo à eliminação e de fomento das metas nacionais, contribuindo para a concretização do princípio da hierarquia de gestão de resíduos. O regime económico-financeiro dos resíduos contempla ainda um instrumento de índole voluntária, materializado no Mercado Organizado dos Resíduos.

Atendendo a que os materiais provenientes dos resíduos diferem dos materiais tradicionais, o GT para o *Enquadramento Normativo* referiu a necessidade dos enquadrar, seleccionando, do acervo existente, as normas que melhor se aplicam para os caracterizar, não só em termos de produto, como em relação aos ensaios a realizar para definir as suas características. De entre o conjunto normativo apresentado, que regula a utilização de agregados reciclados em obras geotécnicas,

menciona-se a Directiva dos Produtos da Construção (Decreto-Lei n.º 4/2007, de 8 de Janeiro).

De acordo com o GT para a *Geo-referenciação dos Resíduos e Disponibilização da Informação em SIG*, é importante conhecer-se a localização de produtores, operadores e utilizadores de resíduos e agregados reciclados, bem como caracterizar, de uma forma integrada e georreferenciada, todos estes produtos. A partir da localização georreferenciada de produtores, operadores e utilizadores, pretende implementar num SIG distribuído na internet, funcionalidades que permitam aferir: a) que tipo de resíduos ou agregados reciclados estão disponíveis; b) onde estão localizados; e c) em que quantidades estão disponíveis. Um sistema desta natureza implica necessariamente uma actualização frequente da informação disponibilizada.

O GT para a *Valorização das Lamas das Estações de Tratamento de Água (ETA) para Consumo Humano em Obras Geotécnicas* afirma que se tratam de resíduos que não constituem uma fonte de poluição importante para solos, águas superficiais e subterrâneas e que depois de compactados, apresentam: a) permeabilidade muito baixa, viabilizando a sua aplicação na construção de camadas de confinamento dos sistemas basais e de cobertura final dos aterros de resíduos; b) baixa deformabilidade e satisfatória resistência ao corte, viabilizando a sua aplicação na construção de aterros estruturais de infra-estruturas de transportes e obras geotécnicas, e de aterros de preenchimento no tardo de estruturas de suporte; e c) peso volumico inferior ao dos solos naturais, viabilizando a sua aplicação na construção de aterros estruturais leves sobre materiais de baixa resistência mecânica e elevada compressibilidade. Mencionam a utilização das lamas das ETA em Portugal, na construção da camada de confinamento do sistema de cobertura final de um aterro de resíduos e na cobertura diária de resíduos colocados em aterro.

O GT para a *Valorização das Cinzas de Fundo da Combustão do Carvão em Obras Geotécnicas* refere que foi encontrada solução para as cinzas volantes (incorporação na indústria cimenteira e de fabrico do betão), não se verificando o mesmo para as cinzas de fundo. Para estas, que representam 10% das cinzas volantes, é referido o seu bom comportamento na base e sub-base de um pavimento de uma via rodoviária num trecho experimental construído na Central Termoeléctrica de Sines. Apesar dos bons resultados obtidos e da apresentação das conclusões do estudo junto dos potenciais interessados, não se registou uma procura significativa do material.

As dificuldades associadas à aplicação do Decreto-Lei n.º 46/2008 são abordadas pelo GT para a *Valorização dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em*

Obras Geotécnicas, na perspectiva de um produtor, mencionando que o mercado de operadores que efetivamente realizam a valorização dos RCD é bastante reduzido, sendo os resíduos depositados maioritariamente em aterro. Este facto deve-se a vários factores, designadamente: a) a reduzida taxa para a deposição dos RCD em aterro, comparativamente com a taxa existente para a deposição de outros resíduos inertes; b) a dificuldade em colocar no mercado estes materiais com preços competitivos; c) a utilização destes materiais ainda suscita algumas dúvidas quanto à sua qualidade, apesar de alguns já apresentarem as suas características normalizadas. Uma das principais aplicações dos RCD é na obtenção de agregados, através de britagem de betão, que podem ser utilizados, por exemplo, em camadas de apoio de infra-estruturas de transporte. As alvenarias de tijolo e outros materiais cerâmicos (telhas, azulejos, outros mosaicos cerâmicos e porcelanas) podem ser utilizados em aterros. Foi apresentada uma lista de obras geotécnicas realizadas no estrangeiro onde foram utilizados os RCD, com maior predominância das rodoviárias, e quatro casos de obra portuguesas.

O GT para a *Valorização das Areias de Fundição em Obras Geotécnicas* menciona que por falta de alternativa de valorização adequada, as areias de fundição têm sido maioritariamente depositadas em aterros de resíduos, apesar de se conhecer uma vasta gama de possibilidades de valorização em geotecnia, aplicadas em países como França, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos da América.

Os estudos geotécnicos realizados com resíduos resultantes da exploração de pedreiras, indicam, segundo o GT para a *Valorização dos Resíduos da Exploração de Pedreiras em Obras Geotécnicas*, que se tratam de materiais com potencial poluente baixo e viabilidade técnica para aplicação em obras geotécnicas. Os escombros de pedra, sendo constituídos por blocos rochosos que, na sua maioria, mantêm as características da rocha de origem, podem ser aplicados quase sem restrições, sobretudo se britados, em aterros estruturais de infra-estruturas de transporte e obras geotécnicas. O mesmo tipo de aplicação dos escombros de pedra pode ser atribuída aos finos de pedreiras de granitos, em resultado da baixa compressibilidade e satisfatória resistência ao corte destes materiais. A sua baixa permeabilidade, perspectiva ainda a sua aplicação em aterros de resíduos e no confinamento de terrenos contaminados. Semelhante destino poderão ter as "natas" dos mármore após compactação.

O GT para a *Valorização das Escórias de Aciaria em Obras Geotécnicas* dedicou particular atenção à apresentação de documentos, guias de utilização e especi-

Análise de gases de combustão económica!

$1 + 3 = 7$

CO CO_{low}
NO NO_{low}
NO₂
O₂
SO₂



- 1 sensor O₂ + 3 entradas para sensores livremente selecionáveis
- Selecção de 7 sensores de gás
- Ampliação automática da gama de medição

testo 340 para a medição de emissões na indústria! Para o ajuste eficiente de queimadores, motores estacionários e turbinas a gás.

Isto reduz custos!



Mais informações: www.testosites.de/testo340/pt_PT

ficações para a utilização de materiais alternativos na indústria da construção. É referido que a nível internacional (Brasil, Espanha, França, Japão, Reino Unido), há exemplos de alterações em especificações desenvolvidas na perspectiva da aplicação dos materiais naturais, para passarem a contemplar valores limite para os materiais alternativos, tornando assim a legislação mais adequada à incorporação destes materiais nas obras geotécnicas. De acordo com o GT, quando se pretende avaliar o desempenho técnico e ambiental de um novo produto para o mercado há que se dar prioridade aos ensaios de laboratório relacionados com as propriedades mecânicas e ambientais, bem como aos ensaios de campo.

A não perigosidade das escórias de incineração de RSU, associada às suas características físicas, químicas e mecânicas permite, segundo o GT para a *Valorização das Escórias de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Obras Geotécnicas*, a sua utilização em obras geotécnicas, como material alternativo aos agregados naturais. Com base nos elementos recolhidos concluíram que a utilização das escórias se afigura como possível em aterro e camada de leito de pavimento e na camada de sub-base de pavimento de baixo tráfego. Referem a construção de dois trechos experimentais no país, tendo ambos evidenciado a viabilidade da utilização de escórias na camada de sub-base de pavimento de vias rodoviárias.

O GT para a *Valorização dos Resíduos de Pneus Usados em Obras Geotécnicas* menciona que a reciclagem de pneus usados em obras geotécnicas é mais frequente na forma não processada, isto é como pneus inteiros, e na gama granulométrica 10-400 mm. As obras geotécnicas em que os resíduos de pneus usados, inteiros ou processados, são potencialmente aplicáveis, são entre outras, as seguintes: a) infra-estruturas de transporte (aterros estruturais, camada de isolamento para limitar a penetração do gelo sob os pavimentos rodoviários, camada de absorção de energia para evitar propagação de vibrações sob vias férreas e camada drenante); b) aterros de resíduos (camada de drenagem de águas pluviais, camada de drenagem e recolha de lixiviados e cobertura diária de resíduos); c) outras (estruturas de suporte e aterros de enchimento no tardo de estruturas de suporte).

Os aspectos de engenharia - ambientais e mecânicos, os económicos e os sociais, reúnem as principais resoluções provenientes do Seminário já referenciado. Ao nível de engenharia, as medidas a destacar são as seguintes: a) adaptar a legislação em vigor às especificidades da valorização dos resíduos em obras geotécnicas; b) simplificar os procedimentos para a permissão da aplicação destes materiais nas obras;

c) produzir normas, especificações e guias de aplicação; d) promover a caracterização ambiental e geotécnica dos resíduos; e e) promover a realização de projectos de demonstração por instituições de I&D, em associação com os produtores e os utilizadores de resíduos. Do ponto de vista económico há a destacar a necessidade de se: a) criarem plataformas que promovam e facilitem o encontro entre a oferta e a procura; b) penalizar a exploração de matérias-primas não renováveis e a eliminação dos resíduos em aterro; e c) bonificar os projectos que prevejam a incorporação de resíduos em obra. Ao nível dos aspectos sociais, e no quadro de uma sociedade que privilegia o desenvolvimento económico sustentável, foi mencionada a necessidade de sensibilizar os projectistas, os empreiteiros e os donos de obra para a importância da incorporação dos resíduos nas obras.

A todos os membros da CT-VROG se agradece o trabalho desenvolvido no âmbito dos GT, que muito contribuiu para a realização deste artigo.



RETRIA

TRIAGEM E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Gestão e tratamento de resíduos de construção e demolição (RCD)

MORADA

VALE DA COBRA, SOBRADO VALONGO | APARTADO 54
4440 - 908 VALONGO - PORTUGAL

T +351 224 154 663

F +351 224 155 354

WWW.RETRIA.PT
RETRIA@RETRIA.PT

COORDENADAS GPS

Lat. 41°13'18.67"N
Long. 8°28'46.34"W