

Tendências no Desenvolvimento Sustentável: Investigação sobre o Desenvolvimento de Ligantes de Baixas Emissões obtidos a partir de Resíduos de Minas

Fernando Pacheco Torgal^{*}, J. P. Castro-Gomes^{**}, Said Jalali^{***}

^{*} Departamento de Engenharia Civil
Escola Superior de Tecnologia
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Avenida do Empresário - Castelo Branco
Telf: + 351 272 339300; fax: +351 272 339399; e-mail: fernandotorgal@est.ipcb.pt

^{**} Departamento de Engenharia Civil
Universidade da Beira Interior
Calçada Fonte do Lameiro - Covilhã
Telf: +351 275 329 925; fax: +351 275 329 972; e-mail: castro.gomes@ubi.pt

^{***} Departamento Engenharia Civil
Universidade do Minho
Campus de Azurém - Guimarães
Telf: +351 253 510200; fax: +351 253 510213, e-mail: said@civil.uminho.pt

Resumo - No presente trabalho apresentam-se alguns dos condicionamentos ao Desenvolvimento Sustentável em Portugal. Descreve-se uma investigação em curso no âmbito de trabalhos de Doutoramento, visando o desenvolvimento de novos ligantes caracterizados por baixas emissões, alternativos ao cimento Portland e obtidos a partir de resíduos de minas, como um bom exemplo de novas tendências em termos de desenvolvimento sustentável de recursos naturais.

1. Introdução

As preocupações da sociedade actual com a necessidade de um racional, saudável e consistente respeito pelo ambiente, tentando corrigir erros do passado e evitando a sua repetição no futuro (sob pena de comprometer a sua própria existência) reflectem uma nova forma de encarar a realidade privilegiando abordagens dos problemas numa vertente interdisciplinar, em contraponto á tradicional e obsoleta apreciação unidimensional. Um tal entendimento adquire redobrada relevância quando se insere no universo da investigação científica, ainda para mais se entrarmos no domínio das ciências da engenharia, que conceptualmente se define como uma "*actividade de concepção, projecto e realização de sistemas ou produção de bens e serviços, destinados a satisfazer as necessidades da sociedade, com base no conhecimento científico e tecnológico, e segundo paradigmas de ética, eficiência e eficácia, bem como de sustentabilidade e equilíbrio em relação ao meio ambiente*" [1]. Neste contexto o presente trabalho pretende abordar alguns dos actuais condicionamentos ao correcto

desenvolvimento ambiental de Portugal, como forma de justificar uma investigação no âmbito de trabalhos de Doutoramento em curso no Departamento de Engenharia Civil da Universidade da Beira Interior.

Condicionamentos ambientais ao desenvolvimento sustentável em Portugal

A. Retrospectiva

As preocupações ambientais da sociedade actual começaram a ganhar relevo a partir da realização em 1972 da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente em Estocolmo. Contudo somente em 1987 adquiriram uma perspectiva mais incisiva, a partir da publicação do Relatório "*Our common future*", mais mediatizado como relatório Bruntland [2], e onde pela primeira vez aparece consignada a expressão do desenvolvimento sustentável, como aquele que "*permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras satisfazerem as suas*". Posteriormente em 1992, na Conferência do Rio, em que estiveram presentes 176 países e 102 Chefes de Estado e de Governo, foram aprovados por unanimidade a Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios sobre as Florestas e a Agenda 21, bem como a Convenção sobre as Alterações Climáticas e a Convenção sobre a Diversidade Biológica [3]. Em 1993 a União Europeia desenvolveu o 5º

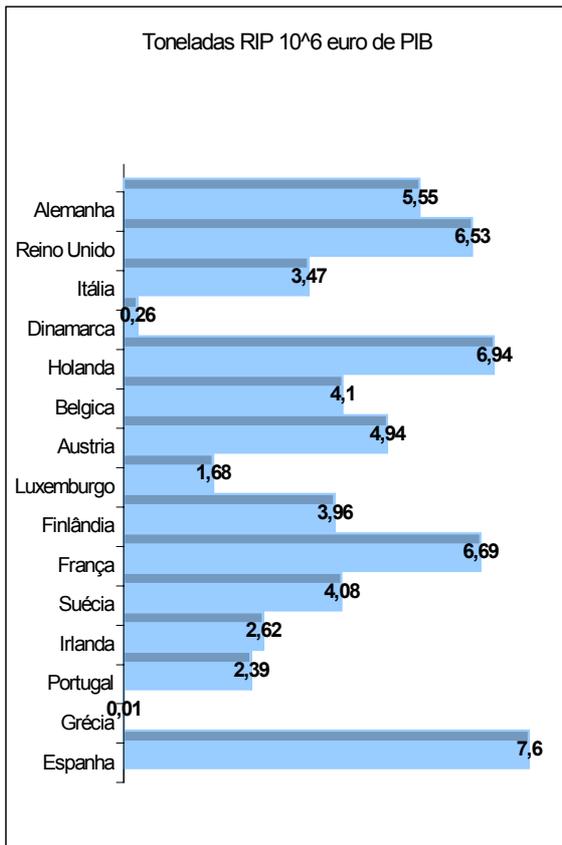


Fig.1 - Resíduos industriais perigosos na EU-15 [5]

Programa para o Ambiente e Desenvolvimento, no qual se estabelece a necessidade de uma maior abrangência das políticas do ambiente.

Na sequência dos compromissos assumidos por Portugal na Agenda 21, foi elaborado em 2002 um documento intitulado Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS), o qual foi recentemente actualizado visando o período 2005/2015 [4]. e consistindo num conjunto coordenado de actuações nas dimensões Económica, Social e Ambiental, permitindo "num horizonte de 12 anos assegurar um crescimento económico célere e vigoroso, uma maior coesão social e um elevado e crescente nível de protecção e valorização do ambiente". Relativamente á dimensão ambiental, os condicionamentos ao desenvolvimento sustentável em Portugal, podem resumir-se simplifcadamente da seguinte forma:

- Elevados níveis de emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE).
- Ineficaz gestão de resíduos.
- Património natural e de biodiversidade em risco
- Dependência energética excessiva
- Deficiente gestão de recursos hídricos.

No âmbito do presente trabalho, serão analisados com mais detalhe os condicionamentos respeitantes aos resíduos, biodiversidade e emissão de GEE.

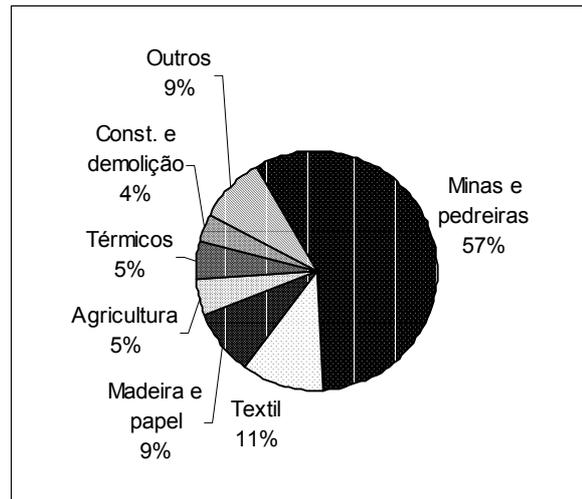


Fig. 2 -Tipologia dos resíduos industriais [6]

B. Produção de resíduos

Relativamente aos resíduos produzidos em Portugal, estes podem subdividir-se em dois grandes grupos, os resíduos sólidos urbanos (RSU) e os resíduos industriais, que já incluem os resíduos de construção e demolição. Os RSU representavam em 2000 aproximadamnte 4,5 milhões de toneladas (Mt) [5], enquanto que a última estimativa disponível sobre os resíduos industriais apontava para um valor a rondar os 29,2 Mt [6]. Os resíduos industriais costumam subdividir-se em resíduos industriais banais (RIB) que constituem a sua grande maioria 99,1% e os resíduos industriais perigosos (RIP) que representam somente 0,9%, o que compara de forma muito favorável com os resíduos industriais perigosos produzidos na União Europeia por unidade de PIB (ver Fig. 1).

Relativamente á tipologia dos resíduos industriais constata-se que predominam os resíduos de minas e pedreiras (ver Fig. 2), não sendo esse volume localizado em nenhuma região específica do território nacional, mas antes regularmente distribuídos, com excepção da região Algarvia, cujo volume deste tipo de resíduos é bastante mais baixo que o das outras regiões (ver Fig. 3). Devido ao volume da sua produção, a reutilização deste tipo de resíduos, merece assim indubitavelmente uma atenção particular da comunidade científica.

C. Biodiversidade

A preservação da biodiversidade biológica é benéfica e fundamental para a humanidade. Para lá dos argumentos éticos ligados á importância do valor intrínseco de todas as espécies independentemente dos benefícios imediatos que delas a espécie humana possa retirar, a biodiversidade é uma garantia de produção de recursos alimentares e de outros produtos, como vacinas, antibióticos ou outros medicamentos. Não se sabe ao certo quantas espécies existem no mundo, tendo já sido identificados cerca de 1,75 milhões de espécies segundo o relatório " *Global Biodiversity Outlook* ", da Convenção da Biodiversidade

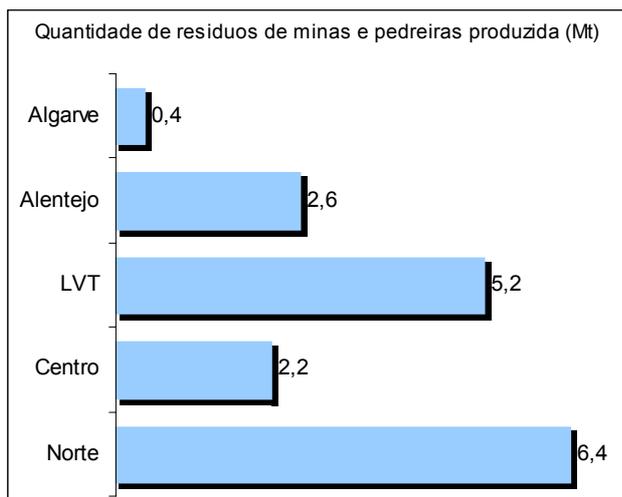


Fig. 3 -Distribuição geográfica dos resíduos [6]

biológica, contudo estima-se que este número seja muito superior, aproximando-se de 15 milhões.

O actual ritmo de extinção no planeta é cerca de 100 vezes superior á média paleontológica. A União Mundial para a Conservação, refere cerca de 140 espécies ameaçadas em Portugal, sendo o país europeu com o maior número de espécies nesta situação [7]. Para inverter esta tendência torna-se necessário afectar uma parte significativa do território a zonas de protecção. Em Portugal as áreas protegidas representam 7,2% do território nacional. A proposta para os sítios Natura 2000 (Directiva Aves e Directiva Habitats) aumentam em 14,1% a área afecta á conservação. Na hipótese destas áreas serem incluídas na lista final de sítios da Rede Natura 2000, Portugal terá 21,3% do seu território nacional classificado. Contudo a Rede Natura 2000 representa não a maximização de áreas fundamentais para a conservação da natureza, mas antes uma tentativa de equilíbrio entre essas necessidades, as necessidades da produção agrícola e florestal e as áreas que a sociedade actual entende serem necessárias á expansão urbana.

Alguns investigadores acham que a área necessária para se reduzir de forma significativa, o ritmo actual de extinção oscila entre 50-70% dos territórios nacionais. Para Portugal e atendendo a que mais de 75% do território nacional está englobado em apenas 1,4% do planeta, necessário para conservar 44% das plantas vasculares e 35% dos vertebrados a nível mundial, estima-se que sejam necessários 77% do território para que as espécies consideradas persistam com um grau de probabilidade de 0,9, mesmo descontando uma margem de erro que decorre dos métodos, da escala e da qualidade dos dados. Essa área representaria 10 vezes a área protegida actual e seria 4 vezes superior ao somatório das áreas protegidas com a Rede Natura 2000 [8].

Se a este panorama somarmos as necessidades de vastas áreas inutilizadas pela necessidade de disposição de resíduos de minas e pedreiras, compreende-se a premência da resolução deste problema.

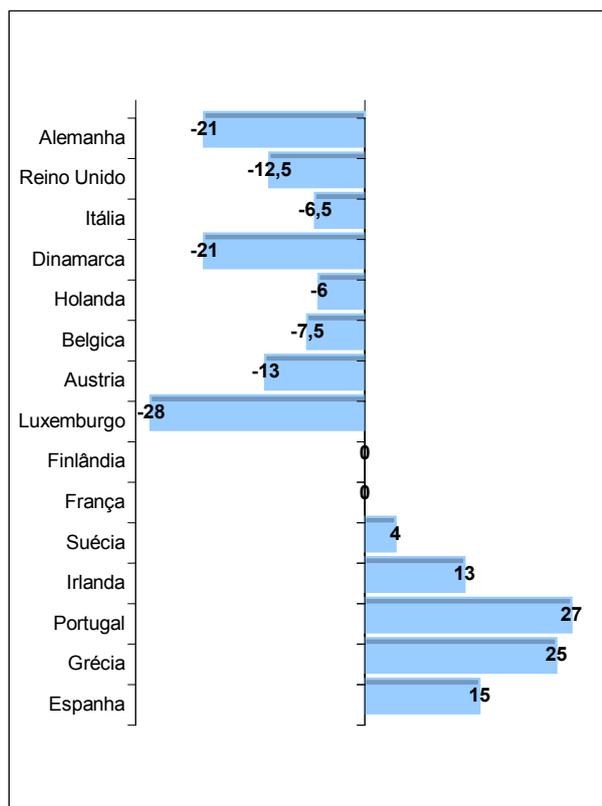


Fig. 4 -Metas de emissão de GEE para o ano 2012 [10]

D. Emissões de GEE

Em 1997 os países signatários do Protocolo de Quioto [9], assumiram o compromisso de no seu conjunto reduzirem até 2012, as suas emissões de gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa (GEE), em 5,2% relativamente ao nível de emissões no ano base de 1990. Nessa sequência a Comunidade Europeia, estabeleceu como meta reduzir as suas emissões de GEE em 8%, cabendo a cada país diferentes metas individuais no âmbito do Acordo de Partilha de Responsabilidades (burden sharing agreement). Na Fig.4 pode ver-se que alguns países terão de reduzir substancialmente os seus níveis de emissões enquanto outros podem mesmo aumentá-las, como é o caso de Portugal que pode apresentar em 2012, um nível de emissões de GEE, 27% superior ao apresentado em 1990, o que representa o maior aumento percentual de todos os países da EU-15.

Sendo o nível de emissões de CO₂e (que inclui todos os gases GEE) em 1990 de 60 milhões de toneladas (Mt) anuais, a meta individual para Portugal, de emissões para o ano 2010, significa um tecto máximo de 76 Mt, contudo em 2001 o nível de emissões de CO₂e, já tinha atingido as 82 Mt, ou seja 36% acima do máximo permitido pelos compromissos assumidos (ver Fig.5).

De acordo com o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) as previsões de evolução das emissões num cenário Business As Usual (BAU), isto é sem medidas de redução resultaria num aumento entre 54 a

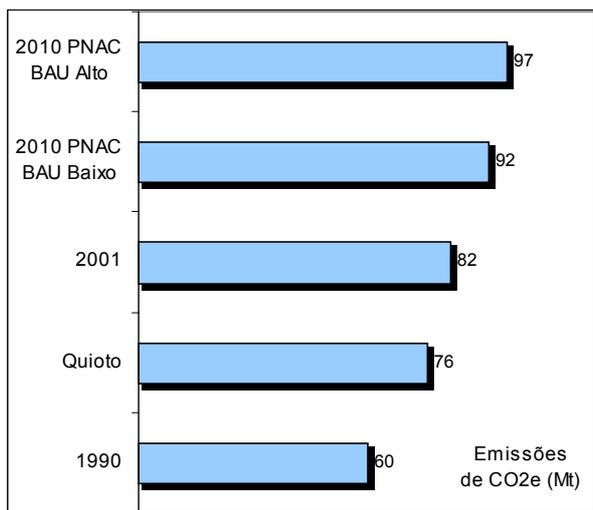


Fig. 5 -Evolução das emissões de CO₂ [4,13]

63% face ao ano de referência de 1990, ou seja na necessidade de redução entre 16 a 21 Mt CO₂e, para assegurar o cumprimento dos compromissos assumidos no âmbito da aplicação do Protocolo de Quioto. Para esse efeito Portugal conta poder recorrer a um conjunto de políticas de redução que incorporam um cenário designado de referência, bem como outras medidas adicionais e também ao Comércio Europeu de Licenças de emissões (CELE), aprovado pela Directiva nº 2003/87/CE [11], relativa á criação de um regime de comércio de licenças de emissão de GEE, que se insere nos mecanismos de flexibilidade previstos no Protocolo de Quioto e pretende ligar o mercado europeu de emissões, ás políticas de combate ás alterações climáticas dos países em desenvolvimento. Trata-se do primeiro regime internacional de comércio de emissões de CO₂ do mundo, cobrindo cerca de 12000 empresas que representam cerca de metade das emissões europeias de CO₂. Nessa sequência coube a cada país a responsabilidade da apresentação de um plano de atribuição de licenças de emissão de CO₂ para o período 2005-2007 (PNALE) [12].

Tabela I

PNALE - proposta preliminar de atribuição de licenças por sector para 2005-2007 [12]

| Actividade | Emissões 2002 | Licenças 2005-2007 | % vs. 2002 |
|--------------------------|---------------|--------------------|------------|
| Centrais termoeléctricas | 21.887.725 | 21.248.469 | -2,9 |
| Refinação | 2.888.988 | 3.032.404 | 5,0 |
| Cogeração | 2.045.464 | 2.462.007 | 20,4 |
| Outras inst. combustão | 497.821 | 565.629 | 13,6 |
| Metais ferrosos | 201.789 | 340.587 | 68,8 |
| Cimentos e cal | 7.123.561 | 7.041.375 | -1,2 |
| Vidro | 640.878 | 662.063 | 3,3 |
| Ceramica | 888.384 | 940.103 | 5,8 |
| Pasta de papel | 317.502 | 339.447 | 6,9 |
| Σ sectores antes ajust. | 36.492.112 | 36.632.084 | 0,4 |
| Factor de ajustamento | | 1.011 | 1,1 |
| Σ sectores após ajust. | | 37.040.342 | 1,5 |
| Reserva novos entrantes | | 1.874.489 | 5,1 |
| Total de licenças | | 38.940.517 | 6,7 |

O PNALE, abrange 220 empresas responsáveis por 44% do total de emissões de CO₂ e previa uma distribuição de licenças gratuitas para o período 2005-2007 de 116,7 Mt, (38,9 Mt/ano), ver Tabela I, atente-se no peso do sector dos cimentos e cal, que representou 19% das emissões dos sectores considerados em 1999. No entanto em Outubro de 2004, a UE considerou que o PNALE Português punha em causa o cumprimento dos objectivos do Protocolo de Quioto, tendo acordado com Portugal um tecto de reduções de 0,7 Mt/ano ou seja um total de 2,1Mt, para o período 2005-2007, baixando para 114,5 Mt o total de emissões gratuitas para o período considerado.

Na sequência do comércio de emissões, a partir de 1 de Janeiro de 2005 as empresas em causa, terão que manter um registo das suas emissões e no final de cada ano um relatório de emissões que será auditado por terceiros. Ao mesmo tempo as empresas terão que assegurar que dispõem de um número de licenças suficiente correspondentes ás suas emissões efectivas para devolver anualmente (a primeira devolução ocorrerá no fim de Abril de 2006), por forma a não serem objecto de sanções financeiras. Para evitar essa situação as empresas podem optar por reduzir o seu nível de emissões através de estratégias de produção mais limpa (PML) ou em alternativa irem comprar ao mercado de emissões as licenças em falta, imputando esse custo aos produtos ou serviços responsáveis por essas emissões.

Desta forma é imperativo conseguirem definir-se estratégias que levem á redução das emissões de GEE, como por exemplo o desenvolvimento de ligantes alternativos ao cimento com baixas emissões de CO₂.

2. Investigação em curso

Na sequência da abordagem descrita anteriormente acerca de alguns dos condicionamentos ambientais ao desenvolvimento sustentável de Portugal, o primeiro autor realiza trabalhos de Doutoramento no Departamento de Engenharia Civil da Universidade da Beira Interior, sob a orientação e co-orientação respectivamente do segundo e terceiro autor. Os referidos trabalhos incidem sobre o desenvolvimento de ligantes alternativos ao cimento Portland obtidos a partir da activação alcalina de lamas residuais das Minas da Panasqueira.

Situadas próximo do parque natural da Serra da Estrela e junto á Paisagem protegida da Serra do Açor, as Minas da Panasqueira, que se encontram ainda em actividade esta geraram ao longo do séc.20 largas centenas de milhares de toneladas de lamas residuais que se encontram depositadas num lago de superfície considerável e com um impacto ambiental significativo (Fig.6).

Os ligantes obtidos por activação de minerais aluminosilicatados com soluções alcalinas, usualmente designados ligantes geopoliméricos distinguem-se do cimento Portland, entre outros por apresentarem um nível de emissões quase 7 vezes inferior, desta forma pretende-se com a presente investigação tentar solucionar simultaneamente diversas questões: analisar cientificamente a viabilidade de produção de ligantes activados alcalinamente com recurso ás lamas residuais



ig. 6. Vista do lago de lamas residuais das Minas da Panasqueira

referidas, capazes de poderem ser utilizados como alternativa ao cimento Portland com benefícios em termos de redução de emissões e com a vantagem acrescida de se conseguir resolver os problemas inerentes á sua deposição.

3. Conclusões

Portugal é responsável por um elevado nível de emissões de GEE acima mesmo dos compromissos assumidos internacionalmente, muito contribuindo para esse panorama a indústria cimenteira. Em termos de produção de resíduos, apresenta um considerável volume de produção de resíduos de minas e pedreiras. Simultaneamente possui um vasto património de biodiversidade que urge preservar e que se encontra em risco permanente devido á necessidade de vastas áreas para a sua protecção. Uma tal combinação de factores, contribuiu para uma investigação em curso que visa tentar responder a estas questões, pela análise do reaproveitamento de resíduos de minas em ligantes de baixas emissões.

Referências

- [1] Tavares, L. V.; "A engenharia e a tecnologia ao serviço do desenvolvimento de Portugal: Prospectiva e Estratégia 2000-2020", Academia da Engenharia, Editorial Verbo (2000)
- [2] Bruntland, Gro Harlem, "Report of World Comission on Environment and Development" (1987)
- [3] Forum Ambiente, "O mundo pós Joanesburgo" 85, Edição Especial, Cimeira da Terra

- [4] Instituto dos Resíduos - Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável ENDS 2005-2015
- [5] Eurostat, Theme 8 Environment and Energy, "Waste generated and treated in Europe". (2003) Data 1990-2001.
- [6] Instituto dos Resíduos - Estudo de inventariação dos Resíduos Industriais. Relatório Síntese. 2004.
- [7] Fernandes, M.; Sousa, A; Dias, A. - Impactes Ambientais e comercio de emissões. Industria cerâmica: Um caso de estudo. Associação Portuguesa da Industria Ceramica APICER, Dezembro de 2004.
- [8] www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=1859&iLingua=1
- [9] UNFCCC - Kyoto Protocol to the United Nations framework convention on climate change, United Nations convention on climate change, FCC/CP/L.7/Add1, Kyoto
- [10] European Environmental Agency – Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2004. EEA Technical Report N° 5/2004.
- [11] Directive 203/87/Ec - European Union CO2 emissions trading scheme
- [12] PNALE - Plano Nacional de atribuição de licenças de emissão de CO2 2005-2007. Ministério das cidades e do Ordenamento do Território
- [13] PNAC - Plano Nacional para as Alterações Climáticas. Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2004 de 31 de Julho.