

Geoboletim

Folha informativa do Centro de Geofísica de Évora

15 de Janeiro de 2009
Número 10



Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7002 554 Évora, Portugal • Tel: 266 745300 • Fax 266 745394 • <http://www.cge.uevora.pt>

Editorial

O Geoboletim número 10 encerra um ciclo de três números dedicados aos riscos naturais. Depois do risco sísmico e dos riscos climáticos, chegou o momento de abordarmos outros tipos de riscos naturais. O conceito de risco geológico integra-se também no conceito de risco natural. Outros termos como risco ambiental e risco tecnológico estão igualmente relacionados, havendo situações em que estes conceitos se sobrepõem parcialmente. Para ilustrar a relação entre estes diferentes conceitos, a título de exemplo, chuvas torrenciais podem levar a situações de cheias numa determinada região correspondendo a um risco natural associado a factores climáticos. Se numa região existirem vertentes instáveis potencialmente sujeitas a derrocadas ou avalanches (risco geológico), esse risco aumenta quando ocorrem chuvas torrenciais. Por outro lado, se na mesma região existir uma exploração mineira com tanques de retenção e decantação para águas contaminadas por materiais geológicos perigosos (por exemplo ricos em metais pesados) resultantes dessa actividade industrial, haverá riscos ambientais os quais poderão ser despoletados pelas chuvas torrenciais que, no caso de cheia, podem provocar a contaminação de solos, de águas superficiais e subterrâneas. As chuvas torrenciais são um de risco natural que, num processo em cadeia podem induzir riscos geológicos seguidos riscos tecnológicos e estes podem, por sua vez, provocar riscos ambientais.

A. Alexandre Araújo *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências da Universidade de Évora*

GeoComentário

Ana Maria Silva *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Física da Universidade de Évora*

Por imposição do novo Regime Jurídico das Instituições de Ensino Superior as universidades portuguesas foram obrigadas a alterar os seus estatutos, reestruturando profundamente a sua organização interna. Na Universidade de Évora as Áreas Departamentais anteriormente existentes deram lugar a três Escolas (de Ciências e Tecnologia, de Ciências Sociais e de Artes), às quais se junta a Escola Superior de Enfermagem, já existente.

As eleições dos vários órgãos (entre eles as Assembleias de Representantes e os Conselhos Científicos das Escolas) e dos responsáveis de alguns destes órgãos ficarão concluídas em finais de Janeiro. Paralelamente, será também criado pela primeira vez na Universidade de Évora o *Instituto de Investigação e Formação Avançada*, cuja missão é a de apoiar a actividade de investigação de forma a garantir a qualidade do desempenho das unidades de investigação, assegurar a avaliação da sua produção científica e articular a sua actividade científica com o sistema de ensino de formação avançada, nomeadamente, com os terceiros ciclos e mestrados internacionais. Na gestão científico-pedagógica deste Instituto terão assento os Directores das Unidades de Investigação com avaliação positiva e os Directores dos cursos de 3.º ciclo para além de outras personalidades que contribuam para a afirmação da qualidade da investigação e ensino avançado nesta Universidade. O Centro de Geofísica de Évora será uma das Unidades que estará representada nessa gestão deste Instituto, procurando

Destaque

Impactos ambientais associados a albufeiras de barragem

Rita Fonseca e Fernando Barriga

7

Índice

Editorial	1
GeoComentário	1
GeoInformação	2
GeoAgenda	2
GeoArtigo - Aplicação de modelos hidrogeológicos como ferramentas de apoio ao planeamento urbano	3
Geoartigo - Minas Abandonadas – um problema sério	5
Geoartigo - Riscos Costeiros	6
GeoPalavra - Impactos ambientais associados a albufeiras de barragem	7

Nas páginas seguintes abordam-se alguns destes tipos de riscos, relacionados de alguma forma com a intervenção humana nos equilíbrios naturais associados aos processos geológicos externos.

continuar a contribuir para reforçar a qualidade da investigação, a interdisciplinaridade da investigação, a qualidade dos cursos de 3º ciclo onde directa ou indirectamente está envolvido e a integração dos estudantes na investigação na Universidade de Évora, tal com tem vindo a fazer desde o início da sua criação. Relembrando o geocomentário do último número do Geoboletim (Setembro de 2008):

“O Centro de Geofísica de Évora, candidatou-se a 20 Bolsas de Integração na Investigação, destinadas a estudantes actualmente a frequentar os 1ºs ciclos da Universidade de Évora, designadamente dos cursos de Ciências Físicas, Ciências da Terra e da Atmosfera, Informática e Engenharia Mecatrónica” com os objectivos de:

“... aprofundar a interdisciplinaridade entre os vários cursos do 1º ciclo da Universidade de Évora e contribuir para criar uma dinâmica de interesse pela investigação na Universidade de Évora, que venha a catapultar os estudantes que frequentam as Instituições de Ensino Secundário de Évora de outras regiões do Alentejo ou do país”.

Os actuais Estatutos da Universidade de Évora definiram as regras gerais da nova estrutura de funcionamento da Universidade. No entanto será necessária a definição de regras mais específicas que permitam o bom funcionamento interno nas Escolas e a adequada e salutar articulação da actividade entre as várias unidades orgânicas da Universidade, designadamente entre as Escolas e o

Instituto de Investigação e Formação Avançada. Os próximos dois meses serão cruciais para a definição destas regras e dos mecanismos de articulação entre as Escolas e as unidades de investigação quer estejam ou não representadas no Instituto de Investigação, que incluam a representatividade das unidades de investigação nos órgãos de gestão científico-pedagógica das Escolas.

Só assim será possível criar estruturas curriculares harmonizadas que envolvam os diferentes ciclos de estudos, rentabilizando os recursos humanos disponíveis para o ensino e para a investigação,

evitando indesejáveis divisões e conflitos resultantes da actividade dos docentes nas Escolas e no Instituto.

Nesta perspectiva, os estatutos das Escolas deverão também prever alguma representatividade nos seus órgãos, dos respectivos Centros de Investigação representados no Instituto. Aos colegas agora eleitos para os novos órgãos cabe a difícil tarefa de encontrar a desejável harmonia estatutária entre estas várias unidades orgânicas. O Centro de Geofísica procurará também contribuir para esta boa e necessária harmonia.

GeoInformação

Dois jovens investigadores do Centro de Geofísica de Évora, concluíram com sucessos as provas de mestrado:

- Ana Filipa Domingues, do Mestrado em Clima e Ambiente Atmosférico, defendeu em Junho de 2008 a tese intitulada: "Caracterização do Espectrómetro SPATRAM e aplicação da metodologia DOAS para detecção de gases traçadores atmosféricos"

- Miguel Joaquim Fernandes Potes, do Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, especialidade Física da Atmosfera e do Clima, defendeu em Dezembro de 2008 a tese intitulada "Climatologia e Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Guadiana". O Mestrado deste aluno é o primeiro da reforma "Bolonha".

Das seis candidaturas a bolsas de doutoramento submetidas pelo CGE à FCT, foram aprovadas quatro, estando ainda uma em recurso. Foram apresentadas à FCT quatro candidaturas a bolsas de pós-doutoramento, tendo sido concedidas duas.

Dos projectos coordenados pelo CGE ou onde o CGE foi participante, submetidos à FCT em 2006, aguardando reavaliação (cinco), foram reavaliados positivamente dois, aguardando-se ainda o resultado referente a um deles.

Um membro do grupo de Geofísica Interna do CGE colaborou com duas instituições espanholas, a Universidade Complutense de Madrid e o Real Observatorio de la Armada (San Fernando) na organização de um curso prático em sismologia (Cours Pratiques de Sismologia) dirigido aos estudantes de pós graduação marroquinos. O objectivo principal do curso que decorreu em

Marrocos, na Universidade Mohamed V de Rabat, foi o processamento do sinal sísmico. Este curso foi realizado no âmbito da recentemente criada Rede de Mitigação do Risco Sísmico Ibero-Maghrebiana (Ibero-Maghrebian Earthquake Risk reduction Network - IMERNET).

Entre os dias 18 e 27 de Novembro os alunos do mestrado "Geociências, geofísica e cartografia geológica" da Universidade Moulay Ismail de Meknès frequentaram alguns dos módulos curriculares do mestrado em "Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço" da Universidade de Évora. Neste âmbito, no dia 19 de Novembro decorreu um seminário intitulado "Tectonique des plaques; de la théorie à la pratique à la frontière Ibéro - Maghrébine". Os alunos marroquinos ficaram instalados no Pólo de Estremoz da Universidade de Évora. Esta cooperação, foi o fruto da colaboração entre LIRIO, o CGE e a da Universidade Moulay Ismail de Meknès.

Um membro do grupo de Fenómenos de Transferência na Geosfera, do CGE, foi convidado para a *Conferência Parlamentar "Energia e sustentabilidade, um novo designio"*, promovida pela Comissão Eventual para as Questões Económicas, na Assembleia da República, Lisboa 27 Outubro 2008, tendo contribuído com uma intervenção sobre "Energia e sustentabilidade".

Encontra-se actualmente na ilha de Livingston , na Antárctica, um colega do grupo de Geofísica Interna, do CGE, para realizar trabalho de campo, no âmbito do projecto "Permafrost and Climate change in the Maritime Antarctic (PERMANTAR)", financiado pela FCT.

Para mais informação, contactar:

Maria Rosa Duque Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora mrada@uevora.pt

GeoAgenda

- Supercomputing and Numerical Techniques in Astrophysics Fluid Flow Modelling 2009. 02 Feb 2009 - 14 Feb 2009; Evora, Portugal <http://www.lca.uevora.pt/supercomputing2009>. Contact: Prof. Dr. Miguel A. de Avillez, University of Evora, +351 266745384
- GES'09 — 3rd IASME / WSEAS Int.Conf. on GEOLOGY and SEISMOLOGY. 24 Feb 2009 - 26 Feb 2009; Cambridge, United Kingdom. <http://www.wseas.org/>
- 7th Petroleum Geology Conference. 30 Mar 2009 - 02 Apr 2009; London, United Kingdom.
- <http://www.geolsoc.org.uk/gsl/groups/specialist/petroleum/pgc7>
- The 6th international industrial forum GEOFORM+2009. 10 Mar 2009 - 13 Mar 2009; Moscow, Russia. <http://www.geoexpo.ru/defaulteng.stm>
- Practical Applications of Medical Geology (British Geological

Survey). 19 Mar 2009 - 20 Mar 2009; Nottingham, United Kingdom.

<http://sites.google.com/site/bgsmedicalgeologymeeing/>

- 6-th International specialized exhibition GeoTECH — Engineering geology and geophysics. 10 Mar 2009 - 13 Mar 2009; Moscow, Russia. <http://www.geoexpo.ru/2009/eng/about/2437.stm>
- Encontro Nacional de Estudantes de Geociências. 03 a 07 de Abril 2009 - Universidade de Évora — GEOUE. <http://www.geoue.uevora.pt/eventos.htm>
- Seismological Society of America (SSA) 2009 Annual Meeting. 08 Apr 2009 - 10 Apr 2009; Monterey, Calif., United States. <http://www.seismosoc.org/meetings/2009/index.php>
- 3MA — 6th international symposium Magmatism, Metamorphism and Associated Mineralisations. 23 Apr 2009 - 24 Apr 2009; Beni-Mellal, Morocco. <http://www.fstbm.ac.ma/3MA/index.htm>

- Expedição Geologia a Norte e Centro de Portugal. 01 a 05 de Maio 2009 — Universidade de Évora — GEOUE. <http://www.geoue.uevora.pt/eventos.htm>
- Plumes and Their Role in Whole Mantle Convection and Recycling. 11 May 2009 - 15 May 2009; Pico Island, the Azores, Portugal. <http://www.geosociety.org/penrose/09azores.htm>
- EURISPET: High-Pressure Metamorphism and Subduction Zones. 01 Jun 2009 - 30 Jun 2009; Granada, Spain. http://www.eurispet.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=30
- American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Annual Convention and Exhibition. 07 Jun 2009 - 10 Jun 2009; Denver, United States. <http://www.aapg.org/meetings/annual.cfm>
- Contact / Surface 2009 — Ninth International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements for Surface Effects and Contact Mechanics. 09 Jun 2009 - 11 Jun 2009; Algarve, Portugal.
- <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2009/index.html>
- CMEM 2009 — Fourteenth International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements. 10 Jun 2009 - 12 Jun 2009; Algarve, Portugal.
- <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2009/index.html>
- SGEM — International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference and Expo. 14 Jun 2009 - 19 Jun 2009; Albena Resort, Bulgaria. <http://www.sgem.org/>
- Mathematical Relativity In Lisbon: Int.Conf. in Honour of Aureliano de Mira Fernandes (1884-1958). 18 Jun 2009 - 19 Jun 2009; Lisbon, Portugal. <http://www.math.ist.utl.pt/%7Ejnatar/Mira/>
- MAEGS-16 — Meeting of the Association of European Geological Societies, Geology for Society: Education and Cultural Heritage. 09 Jul 2009 - 13 Jul 2009; Cluj-Napoca, Romania. <http://bioge.ubbcluj.ro/maegs16/>
- Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology (Emeseg '09). 22 Jul 2009 - 24 Jul 2009; Crete Island, Greece. <http://www.wseas.org/index.html#upcoming>
- Cities on Volcanoes 6 - Tenerife 2009. 16 Nov 2009 - 20 Nov 2009; Granadilla de Abona, Tenerife, Canary Islands, Spain. <http://www.citiesonvolcanoes6.com/>
- 34th International Geological Congress. 2012-August 5-15-IUGS-Brisbane, Australia. www.ga.gov.au/igc2012

Para mais informação contactar:

Joaquim Luís Lopes *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora* - lopes@uevora.pt

GeoArtigo

Aplicação de modelos hidrogeológicos como ferramentas de apoio ao planeamento urbano

Júlio Carneiro *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências da Universidade de Évora*

A hidrogeologia urbana é um ramo da hidrogeologia relativamente recente e em franco desenvolvimento (Howard, 2007), mas em que a modelação numérica se tem confinado ao papel usual em estudos de captação ou reabilitação de águas subterrâneas. No entanto, a utilização de modelos numéricos em áreas reduzidas de zonas urbanas, abre perspectivas de aproveitamento dos modelos hidrogeológicos como ferramenta de apoio à decisão no planeamento urbano. Este papel pode ser particularmente relevante em zonas com edificação antiga, em que a manutenção do nível freático é fundamental para a estabilidade das estruturas. A influência de opções urbanísticas, como a construção de infra-estruturas subterrâneas ou a impermeabilização de áreas superficiais, sobre as condições de fluxo das águas subterrâneas pode ser simulada por modelos numéricos detalhados, antecipando-se os eventuais problemas decorrentes daquelas opções urbanísticas. Esse tipo de aproveitamento de modelos numéricos foi aplicado na Baixa Pombalina em Lisboa, uma área com menos de 0.5 km², edificada sobre formações aluvionares e estuarinas e que tem sofrido numerosas intervenções a nível de infra-estruturas subterrâneas. Um modelo numérico de fluxo subterrâneo detalhado foi elaborado para essa zona como ferramenta de apoio ao estudo da influência das infra-estruturas existentes e ao planeamento de eventuais novas infra-estruturas (Carneiro, 2005).

A elaboração de um modelo de uma área tão reduzida, mas com características hidrogeológicas bem diferenciadas da zona envolvente, coloca uma série de desafios e dificuldades relacionadas com a escala do problema: i) túneis, parques subterrâneos ou mesmo sistemas de saneamento urbano, são usualmente ignorados na modelação hidrogeológica, mas têm que

ser incluídos em modelos detalhados (são mesmo a razão para construir esses modelos); ii) uma representação realista da heterogeneidade geológica, muitas vezes sacrificada em modelos a maior escala através da adopção de parâmetros hidráulicos efectivos, é fundamental em modelos de áreas reduzidas e deve preceder a definição de modelos hidrogeológicos conceptuais; iii) o comportamento de formações de muito baixa permeabilidade como argilas ou lodos assumem um papel tão relevante como os níveis tido como aquíferos (aumentando consideravelmente o esforço computacional); iv) zonas urbanas ribeirinhas estão por vezes edificadas sobre aterros muito heterogêneos, e no caso da Baixa Pombalina literalmente sobre os escombros dos edifícios anteriores ao sismo de 1755.

A caracterização hidráulica de materiais tão heterogêneos é só por si um desafio e a sua inclusão em modelos hidrogeológicos questiona o próprio conceito de Volume Elementar Representativo, base conceptual da modelação hidrogeológica (Bear and Verruijt, 1987). O caso da Baixa Pombalina é aqui paradigmático: a análise de sensibilidade aos resultados do modelo indicou que os parâmetros hidráulicos dos aterros superficiais são a maior condicionante aos resultados do modelo; v) a quantificação da recarga em zonas urbanas é em si própria uma área de investigação muito activa (Lerner, 2002). No caso da Baixa Pombalina considerou-se a actuação de mecanismos de recarga directa (sobretudo em jardins e áreas irrigadas) e recarga indirecta (por perdas ao longo de sistema de saneamento). Ao contrário do que sucede em modelos mais convencionais, não faz sentido em modelos de zonas urbanas a escala reduzida considerar uma distribuição uniforme da recarga, pois esta deve ser distribuída ao longo de ruas e jardins.

Os programas de modelação hidrogeológica não foram concebidos para este tipo de utilização e necessitam de modificações que facilitem a sua aplicação a meios urbanos. No caso da Baixa Pombalina, utilizou-se o código MODFLOW-2000 (Harbaugh, 2000), mas foram introduzidas modificações que permitiram resolver parcialmente os aspectos i) e v), e construiu-se uma interface para que o MODFLOW-2000 operasse sobre um modelo geológico tridimensional representando a variação de fácies, e que permite descrever de modo adequado a heterogeneidade geológica mencionada em ii), iii) e iv).

O modelo geológico tridimensional, elaborado com recurso ao software TECLOT, constitui o elemento chave para a progressiva actualização do modelo e foi elaborado recorrendo sobretudo a elementos de prospecção geotécnica (59 sondagens) e a resultados de ensaios *in situ* (SPT) com espaçamento de 1,5m a 3m que fornecem uma descrição aceitável da variação de fácies horizontal e vertical. A cada litologia identificada foi atribuída uma classificação em números inteiros, cuja interpolação por krigagem numa malha tridimensional considerando 48000 células com espaçamento vertical médio de 2,7 m, descreve as transições de fácies. Os parâmetros hidráulicos dessas litologias foram atribuídos em função de resultados de ensaios *in situ* (Lefranc) e em laboratório (permeabilidade e edométricos). O modelo foi calibrado com os resultados de medições de nível piezométrico em 16 piezómetros entre Março de 2004 e Junho de 2005.

A aplicação do modelo a cenários de planeamento urbano está exemplificada na figura 1, ilustrando alguns casos, hipotéticos, relacionados com infra-estruturas subterrâneas ou com alterações das condições-fronteira do modelo. Outros tipos de intervenções no

meio urbano podem ser simulados, sejam alterações ao padrão de recarga, a impermeabilização de zonas verdes, alterações impostas por diferentes processos construtivos ou o estudo de problemas de subsidência.

Embora a implementação de modelos hidrogeológicos para áreas urbanas de escala reduzida se revista de algumas dificuldades também suscita oportunidades de investigação. Desde logo a adaptação de códigos existentes ou o desenvolvimento de novos códigos. Também a nível de descrição da heterogeneidade geológica/hidrogeológica as zonas urbanas podem ser importantes para testar diferentes métodos de representação dessa heterogeneidade, pois existe geralmente uma profusão de informação geotécnica que não pode ser igualada em estudos hidrogeológicos de cariz regional. O registo sistemático de ensaios SPT, ensaios Lefranc e análises laboratoriais (granulométricas, permeabilidades, edométricas), de aplicação tão rotineira em geotecnia, permite descrições detalhadas das variações litológicas que podem ser comparadas com diferentes metodologias de representação da heterogeneidade em modelos hidrogeológicos (de Marsily et al., 2005).

Finalmente, importa salientar a importância de que se reveste a informação histórica para a modelação detalhada de zonas urbanas. No caso particular da modelação da Baixa Pombalina, a estrutura tridimensional do vale em que se depositaram os sedimentos aluvionares e estuarinos, e a localização original das antigas ribeiras de São Sebastião e Arroios, agora canalizadas e soterradas, só puderam ser definidas recorrendo aos estudos efectuados aquando da reconstrução Pombalina e dispersa por publicações editadas ao longo do século XIX e início do século XX.

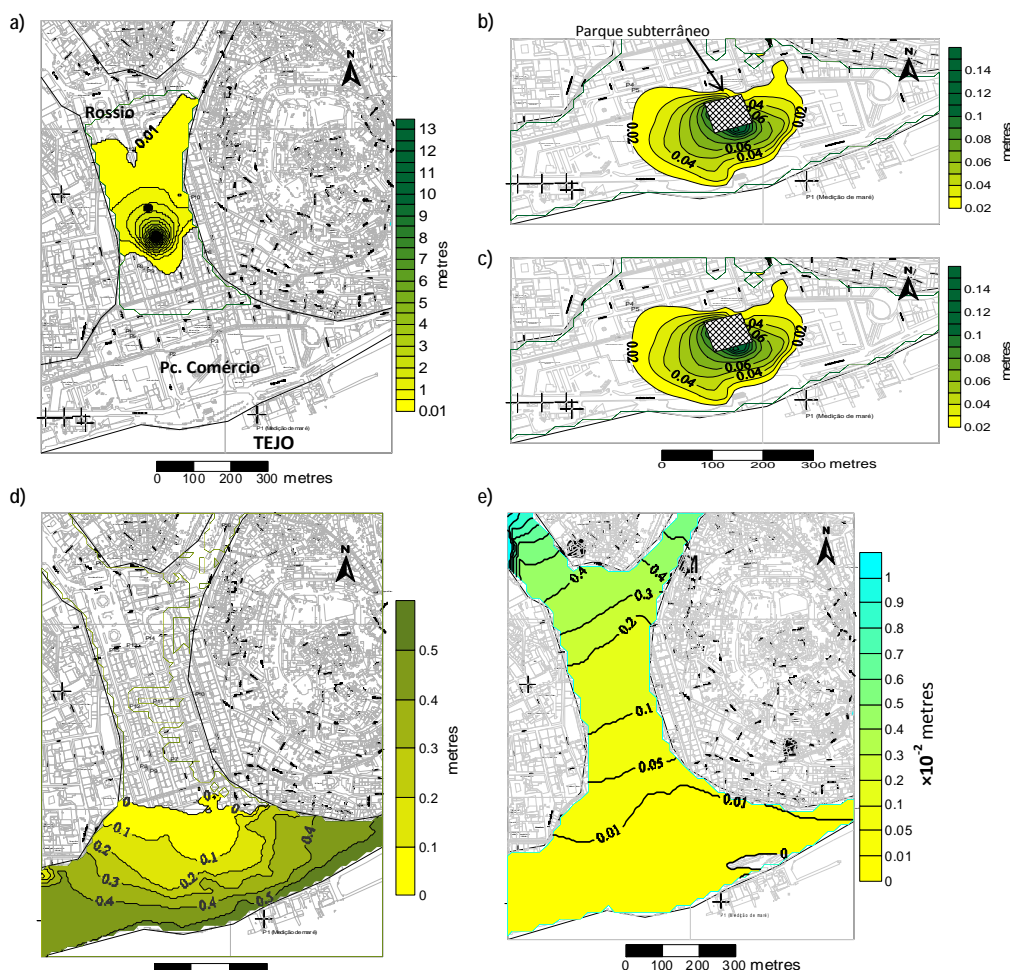


Figura 1 - Variação do nível piezométrico imposto por diferentes cenários: a) rebaixamento devido a bombagem localizada (como sucede por exemplo para permitir a visita às ruínas romanas da Rua da Prata); b) aumento do nível piezométrico devido a construção de parque subterrâneo na Praça do Comércio; c) rebaixamento devido a ruptura e inundação súbita desse parque subterrâneo; d) variação induzida por subida do nível médio das águas do Tejo; e) diminuição de fluxo proveniente das zonas da Av. Liberdade e Av. Almirante Reis (1% scaled sensitivity map).

GeoArtigo

Minas Abandonadas – um problema sério**António Candeias** Centro de Química de Évora e Departamento de Química da Universidade de Évora**José Mirão** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora

Desde a pré-história que o Homem explora os recursos mineiros com vista à obtenção de matérias primas que possam satisfazer as suas necessidades. A abertura e fecho de instalações industriais destinadas à produção e tratamento de minérios tem sido ditada por factores económicos e tecnológicos. Embora a actual legislação portuguesa garanta um encerramento das unidades mineiras consentâneo com o desenvolvimento sustentável, no passado, o abandono das áreas afectadas pela exploração de recursos minerais foi efectuada sem os devidos cuidados e constitui uma importante fonte de contaminação antropogénica, susceptível de criar alterações no meio ambiente, desde as mais imperceptíveis até às que causam severos impactos sob o meio circundante onde se instalaram.

As zonas de acumulação de desperdícios (escombreiras) das minas metalíferas abandonadas encontram-se na maioria dos casos a céu aberto, estando deste modo expostas a intempéries, o que possibilita a contaminação de águas, sedimentos, solos e vegetação provocada pela dispersão e subsequente acumulação de elementos químicos tóxicos, nomeadamente metais pesados. O impacto ambiental é especialmente intenso quando o minério era essencialmente constituído por sulfuretos. Estes minerais são particularmente instáveis nas condições prevalentes na superfície da Terra dando origem a águas ácidas e ricas em metais pesados poluentes que integravam o minério. Como resultado directo, as zonas de escombreira e os solos circundantes permanecem estéreis já que de um modo geral as plantas não conseguem prosperar em solos tão ácidos e com concentrações anormalmente elevadas de metais. Os sistemas aquáticos são extremamente susceptíveis de ser contaminados pela actividade mineira, uma vez que permitem a solubilização dos metais e actuam como dispersante natural dos contaminantes, incorporando-os nos solos e lixiviando-os total ou parcialmente a águas subterrâneas, estendendo deste modo o problema.

As áreas mineiras inactivas ou em situação de abandono podem então conduzir a danos irreparáveis nos ecossistemas, sendo os estudos de impacto ambiental extremamente importantes, na medida em que permitem identificar os riscos inerentes.

Em Portugal existem mais de 100 áreas mineiras abandonadas e o

problema é particularmente importante no Alentejo devido principalmente à Faixa Piritosa Ibérica (FPI), pois os minérios explorados, essencialmente sulfuretos, são instáveis originando águas muito ácidas e libertando metais potencialmente tóxicos como o chumbo, arsénio, mercúrio, cádmio, antimónio, selénio, etc. Consciente da problemática e das suas competências a Universidade de Évora tem procurado desenvolver investigação conducente à percepção dos processos inerentes a estas fontes de poluição e à sua remediação. Esta investigação tem sido consolidada nos projectos financiados pela FCT “*Retenção de metais poluentes por minerais secundários em minas abandonadas: o exemplo da Mina de S. Domingos*” (coordenado pelo Centro de Geofísica de Évora) e “*GERMINARE – Geoquímica e Remediação de Minas abandonadas e Regiões Envolventes*” (coordenado pelo Centro de Química de Évora). O primeiro tem como objectivos essenciais, identificar os minerais secundários que resultam da alteração química dos minerais e das escórias metalúrgicas e os processos que permitem a alguns desses minerais reter metais pesados poluentes.

Os resultados preliminares mostram que o arsénio e o chumbo se concentram na estrutura de minerais neoformados do grupo da jarosite, enquanto o cobre e o zinco estão deficientemente ligados à superfície de óxidos de ferro. Esta conclusão sustenta que nestas circunstâncias o arsénio e o chumbo são muito menos disponíveis para a biosfera e para as soluções aquosas, mas permanecem dúvidas sobre o que acontecerá quando a jarosite deixar de ser estável *i.e.* a pH de cerca de 4.

Espera-se que os resultados possam contribuir para melhorar a nossa compreensão dos mecanismos de dispersão de poluentes nestes ambientes geoquímicos.

O projecto GERMINARE por seu turno, tem como objectivo avaliar os impactos ambientais de diversas minas abandonadas no Alentejo, e aprofundar o conhecimento dos processos que ocorrem nestes sistemas, através de uma caracterização biogeoquímica detalhada das áreas mineiras e das suas envolventes. Aplicando metodologias de extracção sequencial e análise mineralógica e microestrutural tem sido possível definir e classificar zonas nas áreas mineiras de acordo com o seu impacto ambiental e a

biodisponibilidade dos metais.

Este projecto tem ainda como objectivo último a implementação de estratégias de remediação destas áreas através do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de fitoremediação dos solos com recurso a plantas acumuladoras e tolerantes e de bioremediação das águas de escorrência com recurso a processos biotecnológicos. Têm sido estudadas inúmeras plantas colonizadoras das áreas mineiras em estudo e de plantas

referenciadas como hiperacumuladoras, avaliada a sua capacidade de acumulação/tolerância a metais pesados e optimizado o seu desenvolvimento por medidas de correcção de solos com adição de agentes alcalinizantes e biosólidos.

Desenvolveram-se ainda ensaios de remediação de águas contaminadas usando biorreactores em coluna com bactérias sulfato-redutoras que evidenciaram taxas de remoção de metais e sulfatos superiores a 90.

GeoArtigo

Riscos Costeiros

Cristina Gama *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora*

As áreas costeiras são zonas de transição vulneráveis, caracterizados por sistemas terrestres e marinhos delicados. Estes sistemas de interfaces terra-mar são muito frequentemente ameaçadas por pressões antrópicas locais, e.g. águas residuais, aquacultura e turismo e por factores climáticos, e.g. incidência de temporais e subida do nível médio do mar.

As alterações climáticas que se anunciam far-se-ão sentir na zona costeira, quer pela alteração das condições de agitação marítima quer pela subida do nível médio do mar. Caso o nosso território fique na rota de eventos extremos (e.g. ciclones) os efeitos dos temporais serão intensificados induzindo taxas de erosão muito superiores às actuais fragilizando a capacidade de resposta natural dos sistemas litorais tal como hoje os conhecemos. Estes efeitos, acrescidos à subida do nível médio do mar, induzirão uma resposta natural destas zonas costeiras que se fará representar pela destruição de praias e de zonas húmidas costeiras (e.g. estuários, sapais) ou pela sua migração em direcção a terra, desde que as áreas adjacentes estejam livres de edificações humanas. Este processo de migração de ambientes costeiros é um processo natural que ocorre há milhares de anos no nosso planeta, actualmente verifica-se que potencia o risco costeiro devido à ocupação exagerada e indiscriminada do litoral pelo Homem.

São do conhecimento público os riscos associados às zonas costeiras resultantes da forte ocupação humana sobre algumas destas áreas, em particular nos locais onde as taxas de recuo da linha de costa são elevadas e colocam em risco as construções humanas (e.g. Costa da Caparica e Espinho, Figura). Inicialmente a resolução destas situações foi realizada recorrendo às denominadas “hard solutions” com intervenções de engenharia pesada (espórões, quebra-mares, diques) que resolvem temporariamente os problemas. Actualmente já são consideradas as “soft solutions” que passam pela reconstrução e preservação dos sistemas litorais e pela limitação na ocupação da faixa costeira (realimentação de praias, construção de dunas, aumento da retenção sedimentar). Este volte de face tem por base o conhecimento científico adquirido sobre estes sistemas dinâmicos tendo conduzido à elaboração e execução em muitos países europeus dos Planos Integrados de Gestão Costeira (ICZM Integrated Coastal Zone Management). Em Portugal foram elaborados os denominados planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC).

Nos últimos anos tem vindo a ser incrementado na união europeia a ligação entre a comunidade científica e as instituições com jurisdição sobre a gestão e conservação da linha de costa (e.g. EUCC-The Coastal Union; ENCORA). Estas redes promovem a

disponibilização do conhecimento científico para que possa ser utilizado pelos decisores locais. Pretende-se com estas medidas garantir a preservação dos sistemas costeiros para as gerações vindouras.



Figura- Frente urbana de Espinho (fotografia aérea do INAG, 2001. Fonte:CoPraNet)

GeoPalavra**Impactos ambientais associados a albufeiras de barragem**

Rita Fonseca CREMINER/LA-ISR, Departamento de Geociências da Universidade de Évora, Colaboradora do CGE

Fernando J.A.S. Barriga CREMINER/LA-ISR, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Estudos recentes têm mostrado que a composição química da atmosfera tem sofrido modificações irreversíveis e modelações climáticas que predizem um aumento da temperatura média da superfície do planeta e da camada inferior da atmosfera da ordem dos 1.5 ° a 4.5°C, até metade do século XXI. Opiniões correntes atribuem como causa deste efeito o aumento das concentrações de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) na atmosfera, em especial devido à acção antrópica. Apesar de até recentemente a hidroelectricidade ter sido considerada como um dos processos energéticos menos poluentes, as grandes albufeiras de barragem, em especial as localizadas em regiões tropicais, poderão constituir uma fonte significativa de gases biogénicos produzidos a partir da decomposição bacteriológica da matéria orgânica, com valores muito elevados nos sedimentos acumulados nestes sistemas e onde existem condições fortemente redutoras. As fontes desta matéria orgânica poderão ser diversas, dependendo destas, a produção de maior quantidade de CH₄ ou de CO₂: material orgânico submerso, biomassa residual que permanece na albufeira após a degradação intensa inicial, biomassa produzida no interior da albufeira, matéria orgânica alóctone proveniente da bacia de drenagem e processos permanentemente ocorridos na coluna de água. Esta emissão gasosa, que apresenta grandes variações entre os diferentes tipos de albufeiras, pode atingir a magnitude das emissões de gases provocados pela combustão de substâncias fósseis. No entanto, é difícil estabelecer uma relação entre o impacto ambiental causado pela libertação de gases a partir dos dois processos porque os padrões das emissões gasosas são muito distintos: na combustão fóssil as emissões são uniformes, enquanto que nas albufeiras as libertações são concentradas no tempo, com valores muito elevados no início do enchimento e diminuindo progressivamente com o período de vida útil da barragem. Para além disso, na combustão de substâncias fósseis apenas é produzido CO₂, embora com valores mais elevados e nos processos de decomposição orgânica, a par deste gás, é produzido metano (CH₄).

Embora as barragens sejam um empreendimento de extrema importância dados os múltiplos usos para que foram destinadas, para além das emissões gasosas para a atmosfera, elas representam hoje em dia uma séria ameaça ambiental, devido aos múltiplos impactos negativos que têm nas respectivas bacias de drenagem e ao facto de funcionarem como barreiras ao transporte dos materiais até às zonas costeiras. A magnitude destes impactos depende da dimensão da área abrangida sendo, portanto, significativamente superior nos lagos artificiais de grande dimensão. Constituinte as barragens barreiras físicas no curso natural dos rios, elas são consideradas como um dos mais destrutivos empreendimentos humanos, dados os grandes impactos negativos e irreversíveis nos ecossistemas aquáticos e nos recursos hidrológicos. Com efeito, grande parte dos materiais de origem continental que deveriam prosseguir naturalmente o curso dos rios até ao mar fica retido nas albufeiras, sendo este considerado um problema de grande impacto ambiental, na medida em que conduz à degradação progressiva das linhas de costa. O facto de as

barragens constituírem barreiras ao transporte sedimentar, para além da diminuição da quantidade de materiais que deveriam atingir as zonas costeiras, com a consequente modificação da estrutura das praias e das linhas de costa, afecta muitos processos e componentes de natureza hidrológica, geológica e ecológica:

(1) Ao transformarem os movimentos tidais e atenuarem os regimes hidrológicos sazonais, causam profundas modificações i) na temperatura da água e salinidade e ii) na distribuição e disponibilidade dos nutrientes essenciais ao biota. A qualidade das águas estuarinas e costeiras é igualmente afectada e, consequentemente, a sua produção biológica;

(2) Ao impedirem que os peixes anádromos atinjam os leitos de desova, contribuem para o seu declínio, afectando no seu conjunto, as cadeias alimentares estuarinas e costeiras;

(3) Ao reduzirem o movimento da água (fluxos e padrões), quando ocorrem as descargas, dá-se um incremento da erosão a jusante da barragem. A água descarregada tem muito pouca quantidade de carga sólida e a sua composição química e temperatura são diferentes do que eram inicialmente. Imediatamente originam-se fenómenos erosivos, por não existirem sedimentos de compensação.

Os cursos de água têm a capacidade de erodir e transportar material sólido como carga de fundo ou em suspensão. Quando esse material entra nas águas calmas de uma albufeira, a carga sólida deposita-se. A acumulação de materiais no fundo das albufeiras vai contribuir para o seu progressivo assoreamento e, em resultado da acumulação excessiva de sedimentos, vários são os efeitos negativos que se repercutem na barragem e respectiva albufeira:

(1) Diminuição do período de vida útil do empreendimento, sobretudo nos casos em que não se teve em conta o fenómeno de assoreamento, não se reservando "volume morto" para os sedimentos. O excesso de sedimentos acumulados terá grande repercussão na diminuição do volume de armazenamento de água, com consequente diminuição do potencial de geração de electricidade e de abastecimento de água potável;

(2) Danos causados na estrutura ou órgãos da barragem devido à intensidade e natureza dos sedimentos acumulados;

(3) Deterioração da qualidade da água devido à acumulação de nutrientes nos sedimentos, os quais podem ser encarados como fontes poluentes.

As albufeiras constituem, de uma maneira geral, receptáculo das águas de escorrência provenientes de actividades agrícolas, industriais e de efluentes. Os usos do solo nas áreas de drenagem influenciam em muito a qualidade da água, porque dada a reduzida dimensão destes sistemas dentro do ciclo hidrológico, as suas propriedades são severamente alteradas pelas actividades antrópicas. Os sedimentos de fundo são reconhecidos como locais preferenciais de deposição de materiais orgânicos e minerais, em particular nutrientes, metais pesados e bactérias. Estes materiais são resultado (1) da erosão e perda de solo das regiões a montante, (2) do progressivo desenvolvimento

urbano e de actividades industriais e agrícolas (através do uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas) e (3) do material que se forma na massa de água e se deposita. Para além de se introduzirem na rede hídrica subterrânea, os materiais de origem alóctone concentram-se frequentemente nos solos, associados às partículas mais finas, as quais, por processos erosivos, podem ser carregadas para o interior destes sistemas hídricos. Devido à circulação contínua de elementos através da interface sedimento-água os nutrientes são libertados para a coluna de água, sendo esta a principal razão para a degradação da sua qualidade. Parte das actividades antrópicas mencionadas, particularmente as actividades agrícolas, são responsáveis pela entrada nas albufeiras de azoto e fósforo que são identificados como elementos-chave na eutrofização, devido ao seu papel como nutrientes limitantes de crescimento na maioria das águas doces. Em resultado do aumento da concentração destes nutrientes, dá-se um aumento da produtividade, através da produção de matéria orgânica pelos organismos aquáticos que, por terem à sua disposição quantidade elevada de nutrientes, se desenvolvem em excesso, o que contribui para a escassez do oxigénio dissolvido. Este fenómeno pode causar o aparecimento de "blooms" de algas cianofíceas, o crescimento de plantas planctónicas e fixas, odores ofensivos e turbidez, resultando na morte de peixes e na impossibilidade de utilização da água para abastecimento público e como zona de recreio.

Devido a estes últimos fenómenos, muitas barragens têm um período de vida útil muito inferior àquele que lhes foi destinado, tendo muitas sido interditadas para os usos a que foram destinadas e abandonadas apenas alguns anos após a sua construção.

Seguindo a controvérsia sobre a importância das barragens e os

Este boletim está disponível na internet em
<http://www.cge.uevora.pt>

Todas as informações úteis para a próxima edição do Geoboletim
deverão ser enviadas até ao dia 1 de Abril de 2009

problemas ambientais relacionados com a sua construção e funcionamento, várias têm sido as propostas para a sua recuperação e reabilitação. O aumento da procura energética e a limitação de recursos tem intensificado o uso da energia hidroeléctrica e novas grandes barragens estão planeadas em muitos países. Na Europa, por exemplo, cerca de 20% da energia primária deverá ser gerada a partir de recursos renováveis (sol, água, vento, biomassa) até 2020, o que implica o desenvolvimento de novas e adequadas estratégias de reabilitação das albufeiras de barragem, de forma a diminuir os seus impactos sobre o ambiente. Nos últimos 15 anos, temos desenvolvido, com muito sucesso, um conceito inovador e sustentável de extracção e uso dos sedimentos depositados no fundo das albufeiras, para serem usados como aditivos de solos ou solos artificiais, de forma a tentar diminuir os impactos relacionados com o excesso de materiais ricos em nutrientes, por um lado e, por outro, tentar resolver em certas regiões, um dos principais problemas a nível mundial: a escassez e a degradação progressiva da maioria dos solos. Estudos realizados em diversas barragens em distintas condições climáticas, levaram-nos a concluir que é ainda possível reverter o efeito negativo do assoreamento e eutrofização das albufeiras, convertendo-se deste modo, a causa de um problema mundial num recurso com valor.



Albufeira de Alqueva, Abril de 2007

Direcção e Coordenação Editorial

Alexandre Araújo

Correio electrónico: gboletim@uevora.pt

Depósito legal: 238091/06

ISSN: 1646-3676, Janeiro, 2009

Painel Editorial

Alexandre Araújo, Ana Maria Silva, Maria Rosa Duque, Joaquim Luís Lopes, Mourad Bezzeghoud e Rui Namorado Rosa

Tiragem: 500 Exemplares

Este Boletim é impresso em papel reciclado no Serviço de Reprografia e Publicações da Universidade de Évora

Apoio: FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

