

Geoboletim

Folha informativa do Centro de Geofísica de Évora

10 de Maio de 2007
Número 5



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

Dado o sucesso conseguido nos números anteriores, o Painel Editorial decidiu aumentar este número do Geoboletim, de quatro para oito páginas.

Em 2007, optamos por destacar em cada número um tema com relevante interesse para a generalidade da comunidade científica. O número anterior, de Janeiro, foi quase integralmente dedicado à obra de Rómulo de Carvalho. O presente número, dado o alargamento do número de páginas, foca variados assuntos mas não deixa de cumprir essa linha editorial, incluindo dois artigos que dão destaque à Teoria Constructal, tema recente e de grande interesse com aplicação em numerosas áreas científicas, para o qual também têm contribuído colegas nossos.

Nesta nota editorial cabe-nos ainda referir que excepcionalmente neste número, o Geocomentário não é da autoria da Directora do Centro de Geofísica de Évora, a Professora Ana Maria Silva.

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

GeoComentário

Pedro Madureira *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências da Universidade de Évora*

No dia 7 de Março, o CGE assinou um protocolo de cooperação com a Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC: <http://www.emepc.gov.pt>). O objectivo desta Estrutura centra-se na elaboração de uma proposta que irá ser submetida à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) em 2009, tendo em vista a fixação do limite da plataforma continental de Portugal.

Segundo o artigo 76º da CNUDM, a plataforma continental de um Estado costeiro compreende o leito e o subsolo das áreas submarinas que se estendem além do seu mar territorial até ao bordo exterior da margem continental ou até uma distância de 200 milhas marítimas das linhas de base (a partir das quais se mede igualmente a largura do mar territorial), nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância. Por seu turno, a margem continental é entendida como o prolongamento submerso da massa terrestre do Estado costeiro, sendo constituída pelo leito e subsolo da plataforma continental, pelo talude e pela elevação, à qual corresponde a zona de transição entre o talude continental e os fundos oceânicos. Nos casos em que a margem continental se estenda para além das 200 milhas marítimas, os Estados costeiros devem estabelecer o seu bordo exterior através de uma distância contada a partir de uma referência geográfica. Atendendo às recomendações da CNUDM, uma das características mais marcantes da morfologia oceânica corresponde ao pé do talude continental, entendido como o ponto de variação máxima do gradiente segundo a máxima inclinação e medido na sua base. A partir deste referencial é possível aos Estados costeiros aplicar duas fórmulas distintas para a determinação do limite exterior da margem continental:

- através da identificação dos locais onde a espessura dos sedimentos seja igual ou superior a 1% da distância ao pé do talude

Destaque

Teoria Constructal: Forma e estrutura em sistemas fora do equilíbrio António Heitor Reis 3
O aparecimento da forma e estrutura em sistemas naturais e fabricados: a visão da teoria constructal António Miguel 4

Índice

Editorial	1
GeoComentário	1
GeoInformação	2
GeoAgenda	2
GeoArtigo (Teoria Constructal)	3
GeoArtigo (Teoria Constructal)	4
GeoArtigo (Minas abandonadas)	5
GeoArtigo (Litoral e riscos naturais)	6
GeoArtigo (Actividade sísmica nos Açores)	6
GeoPalavra (Ciências Físicas e Biologia)	8

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

Todas as informações para o Geoboletim deverão ser enviadas até ao dia 1 de Agosto de 2007

continental;

- considerando a linha formada pelos pontos que se encontrem a 60 milhas marítimas do pé do talude. Neste último caso, a regra só fará sentido se o pé do talude estiver numa posição tal que, adicionando-lhe 60 milhas, a distância total ultrapassa as 200 milhas marítimas.

É claro que a sustentação da proposta Portuguesa depende da existência de um prolongamento natural do território terrestre para além das 200 milhas marítimas, pelo que a EMEPC está neste momento empenhada em desenvolver um trabalho multidisciplinar que envolve a aquisição e análise de dados de batimetria multi-feixe, sísmica de reflexão e refracção, gravimetria, magnetismo, bem como de dados de índole geoquímica de amostras de rochas. Desta forma, ao conhecimento sobre a forma do fundo marinho pretende-se anexar aquele relativo à sua natureza e origem. Importa destacar que esta campanha de aquisição de dados do território imerso é ímpar em Portugal, sendo ainda reforçada pela intenção de incluir na proposta de extensão as plataformas submarinas que suportam as ilhas das regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Ao estabelecer parcerias com Centros de Investigação, a EMEPC acaba por promover a exploração dos dados entretanto adquiridos e cujo resultado pode contribuir significativamente para a afirmação das Ciências da Terra no panorama científico nacional. O Centro de Geofísica de Évora abraça com entusiasmo esta oportunidade que estabelece um novo patamar para a investigação que o Centro tem vindo a desenvolver na margem continental, bem como na região dos Açores.

Bibliografia:

Aspectos Jurídicos e Científicos da Extensão da Plataforma Continental. EMEPC, 2006.

Geoinformação

A Universidade de Évora terá a totalidade da sua oferta formativa adequada a Bolonha no próximo ano lectivo (2007/2008). A sua oferta formativa deverá ter uma perspectiva integradora de um ensino e de uma investigação de qualidade. Nesta perspectiva o CGE é um dos centros que suporta a investigação produzida por elementos dos Departamentos de Física e de Geociências.

A oferta formativa destes departamentos é a seguinte:

1º Ciclo: **(i) Física:** Licenciatura em rede com as Universidades de Lisboa e Algarve, com planos de estudo iguais nos dois primeiros anos nas três instituições. Ao nível do terceiro ano os planos divergem, com a oferta de um conjunto de ramos em Évora e Lisboa. Algumas vantagens: - qualquer aluno, independentemente do pólo de entrada, pode optar por um dos ramos oferecidos na rede; - se a escolha recair num pólo diferente do de ingresso o aluno poderá beneficiar de apoio financeiro na mobilidade; - todo o estudante que finalize a sua licenciatura nesta rede terá o seu grau académico conferido em conjunto pelas três Universidades. **(ii) Ciências da Terra e da Atmosfera:** Pretende contribuir para o conhecimento e a compreensão da Terra como um sistema dinâmico integrado, juntando as competências da Universidade de Évora, nos Departamentos de Geociências e de Física, no domínio das Ciências da Terra e da Atmosfera. **(iii) Engenharia Mecatrónica:** Foi influenciada, em larga medida, pelo relacionamento privilegiado da Universidade de Évora com a Indústria de componentes para a indústria automóvel (Tyco Electronics, Epcos, Edscha-Arjal e Auto-Europa), e pelo cluster aeronáutico (projecto SkyLander). **(iv) Geografia:** Tem um carácter multidisciplinar, proporcionando aos licenciados competências para intervir na conservação e fruição da natureza e do património, avaliar e prevenir riscos naturais e coordenar o planeamento e ordenamento do território.

2º Ciclo: **(i) Ciências da Terra da Atmosfera e do Espaço:** Serão fornecidos conhecimentos avançados em três áreas de especialização sobre os três subsistemas Terra, Atmosfera e Espaço (tradicionalmente ministrados de forma parcelar) e sobre as metodologias de observação, monitorização e modelação destes subsistemas. **(ii) Instrumentação Ambiental:** Pretende dar resposta às seguintes solicitações: investigação e desenvolvimento

de instrumentação ligada às Ciências da Terra, Atmosfera e Espaço, e criação e desenvolvimento de uma tecnologia de compatibilização dos diversos instrumentos e sistemas de aquisição de dados. **(iii) Energia e Ambiente:** Visa satisfazer as necessidades de especialização na formação de profissionais com uma visão integrada do binómio energia-ambiente e confere aos participantes uma série de competências a nível das energias convencionais e renováveis, análise de sistemas energéticos e sua relação com o ambiente. **(iv) Engenharia Mecatrónica:** É oferecido um plano de estudos formativo de especialização nos domínios do projecto de sistemas sinérgicos mecânicos e electrónicos, sistemas de automação e sistemas de supervisão e controlo. **(v) Engenharia Geológica:** Os recursos minerais e as rochas industriais e ornamentais constituem riquezas nacionais só parcialmente conhecidas e exploradas. Este curso prepara os jovens para intervirem nos processos de prospecção, caracterização e quantificação destes recursos, e na aplicação de métodos e técnicas para a sua exploração sustentada. O curso inclui igualmente uma importante componente na área de Geotecnia e da Geologia Ambiental. **(vi) Engenharia de Recursos Hídricos:** Pretende-se que o mestre em Engenharia dos Recursos Hídricos seja um técnico capaz de intervir no planeamento e gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de modo integrado e actuar na protecção ambiental das águas superficiais e subterrâneas quando sujeitas à acção de actividade humana.

Para mais informações consultar <http://www.dfis.uevora.pt> e <http://www.dgeo.uevora.pt>

O Centro Ciência Viva de Estremoz, em colaboração com a UE e o CGE lançou no passado dia 21 de Abril um livro intitulado "Evolução; Portugal de Antes da História" da autoria de Rui Dias. Neste livro é abordada em linguagem simples a evolução geodinâmica de Portugal nos últimos 540 milhões de anos, o que vem preencher uma lacuna existente e tornando-o por isso um instrumento importante principalmente a nível do ensino pré-universitário.

Merece-nos ainda destaque a EMSC Newsletter, Special issue: http://www.emsc-csem.org/Doc/EMSC_Newsletter_22.pdf

Para mais informação, contactar:

António Miguel Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora afm@uevora.pt

GeoAgenda

- The 1st IASME/WSEAS International Conference on GEOLOGY and SEISMOLOGY GES'0, Portoroz (Portorose), Slovenia, May 15-17, 2007. <http://wseas.org/conferences/2007/slovenia/ges/index.html>
- Simpósio Ibero Americano sobre Património Geológico, Arqueológico e Mineiro em Regiões Cársicas (28 de Junho - 1 de Julho de 2007, Batalha) http://www.progeo.pt/docs/folheto_batalha.pdf
- VI Congresso Ibérico de Geoquímica e XV Semana de Geoquímica (16-21 de Julho de 2007, UTAD) <http://home2.utad.pt/vicig/>
- European Aerosol Conference – EAC2007, 9 - 14 September 2007, Salzburg, Austria. <http://www.gaef.de/EAC2007/>
- Mechanics of Variscan Orogeny: a modern view on orogenic

- research <http://sgfr.free.fr/rencontrer/seances/s07-09variscan/index.html>
- International Association of Hydrogeologists, Groundwater and Ecosystems, 17-21 Setembro 2007, Lisboa, Portugal - <http://www.iah-2007.com/> (com apoio do CGE)
- Terceiro encontro de pós-graduação em investigação e ensino das Ciências Físicas e da Terra da Universidade de Évora - 21 e 22 de Setembro de 2007, CGE, Universidade de Évora. http://www.cge.uevora.pt/IIIIEPG_CGE/
- 7º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica - Sísmica 2007, 26-27-28 Setembro 2007, FEUP, Porto - <http://conferencias.fe.up.pt/sismica2007>
- The 8th Pacific Conference on Earthquake Engineering - Singapore in Dec 2007. <http://www.ntu.edu.sg/cee/8PCEE/>

Para mais informação contactar:

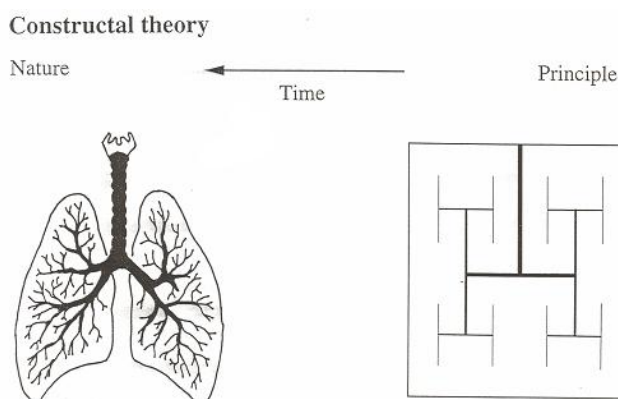
Mourad Bezzeghoud Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora - mourad@uevora.pt

GeoArtigo

Teoria Constructal: Forma e estrutura em sistemas fora do equilíbrio

António Heitor Reis *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Física da Universidade de Évora*

A grande maioria dos sistemas naturais encontra-se não só longe do equilíbrio interno mas também com o ambiente circundante. Tal significa que são percorridos por fluxos de energia e massa que, produzindo entropia, aproximam o estado actual do objectivo, o estado de equilíbrio. Estão portanto “vivos” por contraposição ao estado de equilíbrio (estado morto). A 2ª Lei da Termodinâmica aponta claramente o objectivo e o sentido do caminho a percorrer. Contudo, nada nos diz sobre a auto-organização do sistema no seu caminho para o estado morto. É aqui que a Lei Constructal, na formulação original de Adrian Bejan (1996) afirma que *“For a flow system to persist in time (to survive) its configuration must evolve (morph) in time in such a way that it provides easier flow access”*, ou no que se demonstra ser uma formulação equivalente *“Todo o sistema fora do equilíbrio desenvolve, no tempo, a configuração de fluxos que proporciona o mais rápido acesso ao estado de equilíbrio”*.



A Lei Constructal pode ser transposta para um formalismo matemático em tudo análogo à 2ª Lei da Termodinâmica, mas é diferente desta na sua essência. Enquanto a 2ª Lei indica que a evolução das propriedades do sistema tem o sentido do aumento da entropia global, a Lei Constructal aponta para a evolução da arquitectura de escoamentos no interior do sistema no sentido do aumento da condutividade global, aproximando-se progressivamente da arquitectura de equilíbrio (a que proporciona menor resistência global ao escoamento). Este movimento dá-se no contexto dos constrangimentos impostos à estrutura de escoamentos.

Na Natureza como nos sistemas artificiais (engenharia) os escoamentos são do tipo ponto-para-volume (área), como são os casos da dispersão de poluentes, água em estruturas vegetais, pulmões, injectores de motores térmicos, redes eléctricas, etc., ou volume (área)-para-ponto como acontece nas bacias hidrográficas, pulmões, rins, sistemas de arrefecimento de componentes electrónicos, sistemas frigoríficos, etc. Em todos os casos, a arquitectura do escoamento tem a forma de uma árvore de fluidos que faz a transição entre o escoamento na micro-escala e a macro-escala. Em cada escala intermédia a estrutura de escoamento é

otimizada, tal como a forma geométrica óptima do território a cobrir por essa estrutura. Cada elemento otimizado à luz da Lei Constructal na escala precedente é um elemento integrante (*construct*) da arquitectura da escala seguinte, que por sua vez é otimizada na base do mesmo princípio, cobrindo sucessivamente todas as escalas. O método e o princípio de optimização (Lei Constructal) constituem o corpo teórico denominado Teoria Constructal.

Contrariamente ao sentido desconstrutivo da progressão da ciência analítica, a Teoria Constructal move-se do simples para o complexo, extraindo as leis de escala (forma e estrutura) das estruturas complexas a partir de um princípio de base física. É assim que a auto-similaridade verificada a várias escalas em muitas estruturas naturais, que são objecto de descrição pela geometria fractal, aparece como uma consequência directa da Lei Constructal e encontra a sua raiz na física subjacente.

A Teoria Constructal tem mostrado uma enorme capacidade de explicação de formas e estruturas naturais e, nas palavras do seu criador *“with Constructal Theory both natural and engineered design became science”*. Aplicada com sucesso, inicialmente no campo da engenharia, o seu âmbito foi entendido rapidamente a outros campos. Na área de engenharia, é um método poderoso de optimização de sistemas complexos de transferência de energia e massa (sistemas de arrefecimento, redes eléctricas, redes complexas de distribuição de fluidos, sistemas de purificação de ar, etc. Nos sistemas naturais, antecipou com sucesso um grande número de leis alométricas dos seres vivos, as leis de escala de estruturas naturais (bacias hidrográficas, pulmões, formas geométricas dos leitos dos rios, agregação dendrítica de aerossóis, forma dos corais, locomoção animal, etc.). Na área das estruturas sociais foi aplicada com sucesso na economia espacial, na explicação da evolução da estrutura e distribuição espacial das cidades e das suas estruturas fractais.

A Teoria Constructal fornece um quadro de análise, aberto a novos desenvolvimentos, e permanece uma ferramenta poderosa para estudo de estruturas de escoamento complexas.

Referências:

- <http://www.constructal.org>
- Bejan, A., 1997. *Advanced Engineering Thermodynamics*. 2nd Ed. Wiley, New York.
- A. Bejan, 2000. *Shape and Structure, from Engineering to Nature*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- A. Bejan and S. Lorente, 2004. *The Constructal law and the thermodynamics of flow systems with configuration*. *Int. J. Heat and Mass Transfer* 47, 3203-3214
- A. Heitor Reis, 2006, “Constructal Theory: From Engineering to Physics, and How Flow Systems Develop Shape and Structure”, *Applied Mechanics Reviews*, Vol.59, Issue 5, pp. 269-282

Anúncio

Os Departamentos de Física e de Geociências da Universidade de Évora e o Centro de Geofísica de Évora, Centro de Excelência da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, oferecem para o próximo ano lectivo 2007/2008 **duas bolsas aos dois melhores estudantes do Ensino Secundário**, que concluíam em 2007 o 12º ano nos agrupamentos científico-naturais e que pretendam ingressar no Ensino Superior na Universidade de Évora, nos cursos de Física ou de Ciências da Terra e da Atmosfera.

A bolsa a atribuir a cada estudante consiste no pagamento da propina anual do 1º ano e poderá ser renovada para os anos subsequentes (2º e 3º anos) se o aluno concluir o 1º ano com média igual ou superior a 14.

A oportunidade de prosseguir pelos mestrados oferecidos pela Universidade de Évora correspondentes a estes cursos e de optar por investigação em Física ou em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, ou em Instrumentação Ambiental, será assegurada, desde que o aluno conclua o 1º ciclo de estudos ao fim dos três anos, com média igual ou superior a 14.

A candidatura às duas bolsas deverá ser enviada aos Presidentes do Departamento de Física e de Geociências da Universidade de Évora e ao Director do Centro de Geofísica de Évora, em carta explicando sumariamente as razões e as expectativas de opção pelo curso a que se candidata e fornecendo os dados pessoais (nome, idade, morada e contactos), acompanhada do certificado das notas dos 11º e 12º anos. Os candidatos poderão ser convidados a entrevista para apuramento final. As bolsas tornar-se-ão efectivas logo após a colocação, através do concurso geral de acesso, dos candidatos seleccionados.

As candidaturas deverão ser enviadas até finais de Agosto, para o seguinte endereço:

Departamento de Física/Geociências/Centro de Geofísica de Évora
Universidade de Évora
Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora
Fax: 266 745394

GeoArtigo

O aparecimento da forma e estrutura em sistemas naturais e fabricados: a visão da teoria constructal

António Miguel *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora*

Porque é que a forma e a estrutura são uma característica dos sistemas de escoamento? Como é que aparecem? O que é que há de comum entre sistemas tão distintos como as bacias hidrográficas, o sistema respiratório, as colónias de bactérias ou corais, a aglomeração de aerossóis, e os filtros de ar?

A Teoria Constructal (CT) de Adrian Bejan [1,2] avança com uma proposta unificadora para esta questão. As ideias chave desta teoria são as seguintes: (i) todos os sistemas (naturais ou fabricados) têm um propósito (objectivo, função), (ii) a sua forma e estrutura é livre de sofrer alterações dentro de determinados constrangimentos, e (iii) estas resultam do balanço óptimo entre duas tendências opostas (por exemplo, lento - rápido, resistente - não resistente, etc.). A forma e a estrutura resultante (a que persiste no tempo) é aquela que melhor faz uma distribuição das imperfeições no sistema.

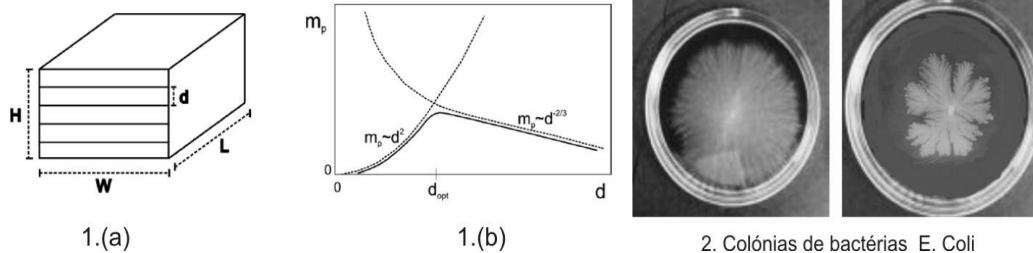
Consideremos, por exemplo, um sistema de filtração de aerossóis (sistema fabricado) composto por colectores dispostos paralelamente entre si [3]. O propósito é a construção de um sistema, com um volume fixo V , que remova o maior número de aerossóis existente no ar (fig. 1a). Ou seja, pretende-se encontrar a distância óptima entre os colectores para que a deposição de aerossóis seja máxima. Uma pequena distância entre colectores permite a colocação de um maior número destes. Neste caso temos uma grande área de contacto para a transferência de aerossóis (o que beneficia a deposição de partículas), mas em contrapartida aumentamos também a resistência ao escoamento de fluido. Isto implica uma bomba mais potente e/ou um maior gasto de energia para bombear o ar através do sistema de filtração. Consequentemente, o espaçamento óptimo entre colectores é o resultado do balanço optimizado entre estas duas tendências opostas: disponibilidade para a deposição de partículas e resistência ao transporte de fluido (Fig. 1b).

O mesmo princípio pode ser também aplicado aos sistemas vivos. O aparelho respiratório, por exemplo, tem como objectivo a

oxigenação do sangue e a remoção do dióxido de carbono. Este propósito pode ser alcançado de duas maneiras: recorrendo a um único volume em que as trocas de oxigénio e dióxido de carbono são feitas por difusão (lento), ou usando um sistema de tubagens em que as trocas gasosas entre os tecidos e o ambiente são efectuadas por convecção (rápido). Na realidade, a forma do aparelho respiratório é o resultado do balanço optimizado entre estas duas possibilidades: 23 níveis de tubos bifurcados que transportam os gases por convecção (rápido), e que acabam nos sacos alveolares onde a troca de gases com os tecidos é feita por difusão (lento). A CT além justificar a estrutura do aparelho respiratório [4], permitiu também concluir que o comprimento definido pelo quociente entre o quadrado do diâmetro dos tubos e os seus respectivos comprimentos são constante para todos os indivíduos da mesma espécie.

No caso dos sistemas vivos, um outro aspecto intrigante é a ocorrência de formas distintas em sistemas idênticos do ponto de vista biológico (Fig. 2). Por exemplo, quer as colónias de corais e de bactérias quer as raízes das plantas podem desenvolver formas compactas e arredondadas ou formas dendríticas em ambientes diferentes. A explicação para este fenómeno pode ser também obtida através do uso da CT [5]. Consideremos, por exemplo, o caso dos corais: em ambientes em que os nutrientes são dispersos por difusão (lento), os sistemas biológicos desenvolvem uma forma dendrítica ("canalização") que lhes permite maximizar o acesso aos nutrientes e a sobrevivência. No entanto, no caso do mecanismo principal de transporte de nutrientes ser a convecção (rápido) os sistemas desenvolvem uma forma arredondada e compacta (difusiva) porque esta é a forma que melhor garante o preenchimento de um território mais extenso num menor intervalo de tempo.

Estes são alguns dos exemplos que escolhi com o objectivo de demonstrar que a teoria constructal pode ser usada no estudo de diversos sistemas naturais ou fabricados. Devido ao seu carácter



1.(a)

1.(b)

2. Colónias de bactérias E. Coli

abrangente, existe um conjunto de trabalhos que ilustram a aplicação desta teoria a diferentes áreas do conhecimento (engenharia, física, biologia, fisiologia, economia, etc.) [1-14].

Referências:

1. A. Bejan, 2000. Shape and Structure, from Engineering to Nature, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
2. A. Bejan, S. Lorente, A. F. Miguel, A. H. Reis, 2006 Along with Constructal Theory, UNIL/FGSE – Workshop series nº 1, Lausanne University Press
3. A. H. Reis, A. F. Miguel, A. Bejan, 2006 "Constructal theory of particle agglomeration and design of air-cleaning devices" Journal of Physics D 39, 2311-2318
4. A. H. Reis, A. F. Miguel, M. Aydin, 2004 "Constructal theory of flow architecture of the lungs" Medical Physics 31, 1135-1140
5. A. F. Miguel, 2006 "Constructal pattern formation in stony corals, bacterial colonies and plant roots under different hydrodynamics conditions", Journal of Theoretical Biology 242, 954-961
6. A. Bejan, J. H. Marden 2006 "Unifying constructal theory for scale effects in running, swimming and flying" Journal of Experimental Biology 209, 238-248
7. A.H. Reis, A. Bejan, 2006 "Constructal theory of global circulation and climate" International Journal of Heat and Mass Transfer 49, 1857-1875
8. A.H. Reis 2006 "Constructal view of scaling laws of river basins", Geomorphology 78, 201-206
9. S. Lorente, A. Bejan, 2006 "Heterogeneous porous media as multiscale structures for maximum flow access" J. Appl. Physics 100, 114909
10. A. Bejan, V. Badescu, A. De Vos, 2000 "Constructal theory of economics structure generation in space and time," Eng. Conv. Management 41, 1429-1451.
11. A. H. Reis, 2007 "Constructal view of the scaling laws of street networks" In: Constructal Theory of Social Dynamics (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY
12. A. F. Miguel, 2007 "Constructal pattern formation in nature and in crowd motion" In: Constructal Theory of Social Dynamics (A. Bejan, G. W. Merx - editores) Springer, NY
13. A. H. Reis, 2006, "Constructal theory: from engineering to physics, and how flow systems develop shape and structure", Applied Mechanics Reviews 59, 269-282
14. R. N. Rosa, A. H. Reis, A. F. Miguel (editores) 2004 Bejan's Constructal Theory of Shape and Structure, Centro de Geofísica da Universidade de Évora

GeoArtigo

A Problemática das Minas Abandonadas

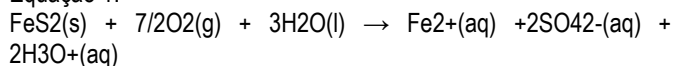
José Mirão Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora.

António Candeias Centro de Química de Évora e Departamento de Química da Universidade de Évora

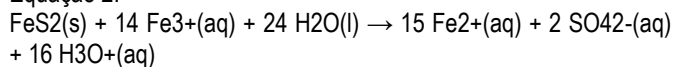
Da necessidade do Homem emana a sua busca por matérias-primas minerais. Por outro lado, a dinâmica da economia, incluindo o desenvolvimento de novas tecnologias, dita a abertura e o fecho de instalações industriais destinadas à produção e tratamento de minérios. A actual legislação vigente, na maioria dos países ocidentais, garante um encerramento consentâneo com o desenvolvimento sustentável. No passado, no entanto, o abandono das áreas afectadas pela exploração de recursos minerais foi efectuada sem os devidos cuidados e constitui uma importante fonte de contaminação.

O impacto ambiental é especialmente intenso quando o minério era essencialmente constituído por sulfuretos. Estes minerais são muito instáveis nas condições prevalentes na superfície da Terra. A alteração dos sulfuretos processa-se inicialmente por hidrólise (Equação 1), concomitantemente com a oxidação do ferro, este contribui para a instabilidade da pirite (Equação 2). Eventualmente, o ferro precipitará sob a forma de um hidróxido (Equação 3).

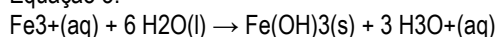
Equação 1:



Equação 2:



Equação 3:



Todo o processo pode ser intensificado pela presença de algumas espécies de bactérias do género Thiobacillus que obtêm energia oxidando o ferro ou o enxofre. Resulta do conjunto dos processos químicos, a produção de um fluido aquoso ácido (Águas Ácidas) e rico em alguns Metais Pesados poluentes que integravam o minério.

Áreas mineiras abandonadas em que não há qualquer monitorização dos perigos que apresentam podem levar a danos irreparáveis nas zonas envolventes. A análise do impacto ambiental provocado por minas desactivadas e posteriormente abandonadas baseia-se na compreensão dos processos geológicos, hidrológicos, geoquímicos e biológicos fundamentais que causam a degradação ambiental, frequentemente observada a jusante da actividade mineira.

A água (subterrânea e superficial) constitui o meio privilegiado de dispersão dos poluentes. Mas os metais pesados acabarão por integrar fases sólidas. Quando presentes no solo ou em sedimentos, podem estar associados a diferentes fracções geoquímicas: 1) na solução do solo, como iões metálicos livres ou na forma de complexos metálicos solúveis; 2) adsorvidos a constituintes inorgânicos do solo, em posições de troca catiónica; 3) ligados à matéria orgânica; 4) precipitados sob a forma de óxidos, hidróxidos e carbonatos; e 5) inseridos na estrutura dos minerais de silicato.

O problema é importante no Alentejo e assume especial relevância na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), pois os minérios explorados, essencialmente sulfuretos, são particularmente instáveis nas condições da superfície terrestre. De facto, rapidamente tem início a sequência de reacções que conduzem à produção de fluidos extremamente ácidos (águas ácidas) e à libertação de elementos poluentes - designadamente Cu, Pb, Sb, Bi, As, Hg, Cd, Se - os quais integram os minerais das paragénese típicas dos minérios da FPI.

Consciente da problemática e das suas competências o CGE tem procurado desenvolver investigação conducente à percepção dos processos inerentes a estas fontes de poluição e eventualmente, à sua remediação. Esta investigação é consolidada no projecto

financiado pela FCT “Retenção de metais poluentes por minerais secundários em minas abandonadas: o exemplo da Mina de S. Domingos” (coordenado pelo CGE) e na colaboração activa no projecto GERMINARE, também financiado pela FCT e 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. Espera-se que os resultados possam contribuir para melhorar a nossa compreensão dos mecanismos de dispersão de poluentes nestes ambientes geoquímicos.

GeoArtigo

Litoral, um laboratório de riscos naturais

Cristina Gama *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências da Universidade de Évora.*

A ideia generalizada de que a investigação científica em Geologia se refere ao estudo de fenómenos que ocorreram há milhares de anos não facilita um enquadramento adequado ao estudo do litoral. Na verdade a investigação das áreas costeiras e de forma particular o estudo das praias e áreas contíguas incide sobre fenómenos naturais que à escala geológica de milhões de anos quase perdem significado. Contudo o seu estudo multidisciplinar implica a integração de conhecimentos científicos de vários ramos da Geologia e de outras áreas científicas como a Climatologia, a Modelação numérica ou mesmo a Biologia.

Os estudos de dinâmica costeira têm ganho importância na medida em que permitem obter informação essencial à gestão das áreas do litoral onde se concentra grande parte da população mundial. Dada a importância dos resultados obtidos é com relativa facilidade que este ramo da Geologia aparece relacionado com os riscos geológicos, o ordenamento do território ou com as alterações climáticas. Todas estas vertentes estão fortemente relacionadas com a economia mundial e com a gestão territorial de grande parte dos países do mundo. Portugal, aparece na lista destes países pelo extenso litoral que apresenta e pelas situações de risco costeiro que comporta (e.g. Costa Norte). A importância e necessidade de investir no conhecimento científico na área da dinâmica costeira foi particularmente visível aquando do recente e significativo recuo do litoral na região da Costa da Caparica. Este troço litoral, à semelhança do que acontece noutras áreas, reflecte: (i) a deficiência na quantidade de sedimentos que chegam ao litoral (retidos pelas barragens a montante dos rios), (ii) a inexistência de áreas costeiras naturais que retenham sedimentos (e.g. dunas) e que estejam em equilíbrio com as condições dinâmicas das praias actuais, (iii) os efeitos nocivos da instalação de obras de engenharia pesada (esporões e paredões longilitorais) que permitem apenas resolver as situações de forma pontual e a curto

O segundo, o projecto GERMINARE - Geoquímica e Remediação de Minas Abandonadas e Regiões Envolventes, 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. Este projecto tem como objectivo último a implementação de estratégias de remediação destas áreas através do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de fitoremediação dos solos com recursos a plantas acumuladoras e tolerantes e de bioremediação das águas de escorrência com recurso a bactérias sulfatorredutoras.

prazo e (iv) a falta de um rigoroso ordenamento do território que potencia o risco costeiro, na medida em que não prevê a migração natural dos ambientes litorais em direcção a terra, nem projecta a uma escala temporal mínima de 100 anos a ocupação das áreas costeiras.

O estudo da dinâmica costeira exige o conhecimento geológico das fontes sedimentares do litoral, o conhecimento do regime dos agentes dinâmicos que sobre ele actuam (ondas e marés) e as implicações das acções antrópicas (ocupação humana e construções de engenharia pesada). A caracterização dos agentes dinâmicos que actuam sobre o litoral reveste-se actualmente de maior importância na medida em que o seu padrão está a sofrer modificações face às alterações climáticas. À comunidade científica é pedido que preveja como estas alterações vão afectar os sistemas litorais actuais a curto prazo e como estes vão atingir um novo equilíbrio dinâmico, ou seja, projectar o comportamento dos sistemas costeiros face às novas condições climáticas.

O CGE tem vindo a monitorizar praias do Litoral Alentejano de forma a compreender a sua morfodinâmica face ao clima de agitação incidente. Em particular, estuda-se o efeito dos temporais que assolam esta zona costeira, de forma a enquadrá-los com análogos a nível mundial e assim interpretar este fenómeno natural à escala global. As alterações climáticas tenderão a fragilizar a capacidade de recuperação natural dos sistemas litorais, pelo efeito agravante da alteração do clima de agitação marítima (e.g. frequência e intensidade de temporais) e pela subida do nível médio do mar.

A compreensão da dinâmica costeira revela-se de grande interesse para as comunidades litorais já que permitirá uma melhor gestão das concessões de licenças de ocupação das áreas costeiras, de modo a evitar prejuízos de vidas humanas e de recursos económicos.

GeoArtigo

Recente actividade sísmica nos Açores (Abril de 2007) – exemplo de dois distintos padrões de libertação de energia sísmica

J. Borges, B. Caldeira, M. Bezzeghoud *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Física da Universidade de Évora*

Ao longo de todo o mês de Abril de 2007 o arquipélago dos Açores tem vindo a ser sujeito a uma actividade sísmica que se destaca dos padrões considerados normais para esta região. Esta actividade concentra-se em duas áreas designadas por: 1) zona “Oeste Faial” situada 15 km a oeste da Ilha do Faial; 2) a região “Formigas” localizada 80 km a sudeste da Ilha de S. Miguel e

Nordeste da Ilha de S. Maria (Figura 1). Toda esta actividade tem vindo a ser reportada na página do Instituto de Meteorologia (<http://www.meteo.pt>); a informação que neste trabalho se pretende transmitir, nada acrescentando aos dados disponibilizados pelo IM, procura somente enquadrar esta actividade na sismo-tectónica desta região.

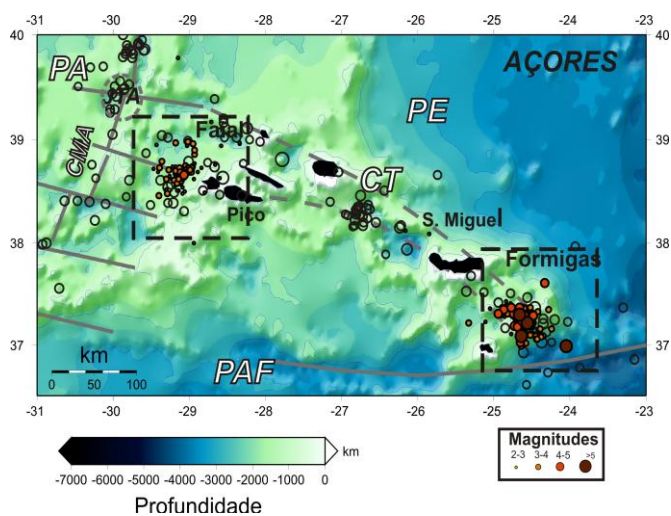


Figura 1 - Sismicidade dos Açores com magnitude superior a 4 desde 1973 até à actualidade (círculos abertos); a actividade sísmica do mês de Abril nas zonas sismogénicas a Oeste do Faial e Formigas está indicada por círculos preenchidos. PA, PAF e PE representam, respectivamente, as Placas Norte-americana, Africana e Euro-asiática. CMA, JTA e CT representam, respectivamente, a Crista média Atlântica, a Junção Tripla dos Açores e a Crista da Terceira.

A região dos Açores tem sido sujeita ao longo da sua História a uma actividade sísmica intensa, pautada por eventos superficiais de magnitude moderada a elevada. O estudo da sismicidade histórica e instrumental permite-nos concluir que no passado ocorreram nesta região importantes terramotos e inúmeras crises sísmicas das quais resultaram milhares de mortos e significativos danos materiais. Destes destacam-se, a título de exemplo, os recentemente sismos instrumentais de 8 Maio 1939 ($M_s \sim 7$), com epicentro a Oeste da ilha de Santa Maria, o de 1 de Janeiro de 1980 ($M_w=6.8$, 62 vítimas mortais) e o de 9 de Julho de 1998 ($M_w=6.0$, 8 vítimas mortais).

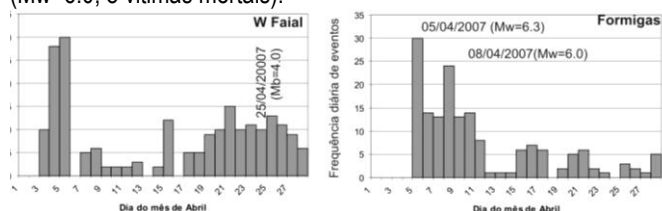


Figura 2A – Frequência diária de sismos para as sequências sísmicas da Região das Formigas (à direita) e da região a Oeste do Faial (à esquerda). São também assinalados os dias de ocorrência dos eventos mais significativos (de maior magnitude) para ambas as áreas: na região das Formigas os sismos de 5 e 8 de Abril (magnitude $M_w= 6.3$ e 6.0 , respectivamente) e, na região do Faial, o sismo de 25 de Abril ($m_b=4.0$; IM).

Da carta de Sismicidade dos Açores (Figura 1) evidenciam-se claramente duas grandes zonas sismogénicas: uma situada, na Crista Médio-Atlântica (CMA) com uma orientação próxima NS e outra seguindo a Crista da Terceira (CT), numa estreita faixa que segue o alinhamento das sete ilhas do Grupo Central e Oriental (NNW-SSE a NW-SE). Esta actividade sísmica está estreitamente ligada a Junção Tripla do Açores (JTA), zona na qual confluem as placas litosféricas Norte-americana (PA), Euro-asiática (PE) e Africana (PAF). A movimentação relativa destas placas e a deformação litosférica que dela resulta explicam parte da actividade sísmica dos Açores. Há ainda a acrescentar a sismicidade resultante da actividade magmática presente nas Ilhas deste arquipélago, a qual, embora menos intensa, contribui para um

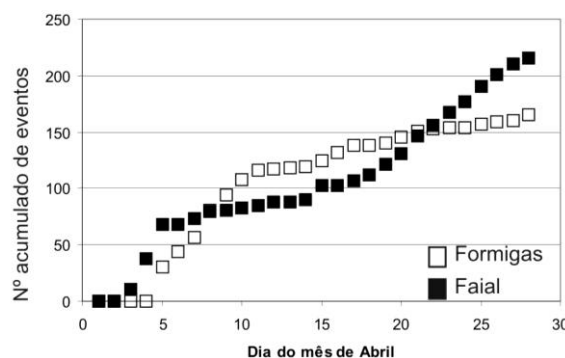


Figura 2B – Número acumulado de eventos para as duas regiões e: região a oeste do Faial (símbolo a cheio) e a região das Formigas (símbolo vazio).

acréscimo do risco sísmico desta região. A actividade sísmica do mês de Abril, como se verá de seguida, ajusta-se claramente à caracterização que atrás foi feita.

A recente sismicidade situada a SE de S. Miguel (Formigas) surge associada a um evento principal (ocorrido no dia 05-04-2007 pelas 03:56, de magnitude $M_w=6.3$ (Figura 1 e 2A) e registado pela estação do CGE EVO (http://www.cge.uevora.pt/get_file.php?id=352). Este evento, não tendo sido antecedido por qualquer precursor, foi seguido por um conjunto de réplicas de magnitude compreendida entre 3 e 4, cujo número decresce até que, no dia 8, pelas 20h30 acontece um novo evento ($m_b=5.1$). A partir desta data, apesar de alguns períodos de recrudescimento, a frequência diária dos sismos tem vindo gradualmente a diminuir (média inferior a 5) e o número acumulado de sismos apresenta uma tendência para a estabilização (Figura 2B), tal como é próprio da evolução das réplicas associadas a sismos desta magnitude.

Ao contrário da actividade ligada à região das Formigas, a oeste do Faial a actividade sísmica não se encontra associada a qualquer evento principal (Figura 2A). Tem início no dia 2 de Abril e a magnitude dos seus eventos, à excepção do sismo do dia 24 ($m_b=4.0$ sentido com intensidade máxima V no Faial), não ultrapassa 3.5. O número de eventos detectados aumentou gradualmente até ao dia 5 após o qual cai bruscamente, apresentando actualmente uma frequência diária inferior a 10 eventos. Neste caso, o número acumulado de sismos (Fig. 2B) não tende gradualmente para a estabilização, podendo deste modo, ser classificada como enxame sísmico: trata-se de um episódio de intensa actividade sísmica, prolongado no tempo, limitado no espaço e pautado por sismos de pequena magnitude não relacionáveis com um qualquer evento dominante. Este padrão de actividade é típico das regiões de fronteira de placa e encontra-se geralmente associado a episódios de movimentação magmática superficial, como frequentemente acontece nos Açores (Borges et al., 2007).

Mediante esta análise, nomeadamente comparando os números acumulados dos dois episódios podemos recolher evidências que provam a diferença de regime de libertação de energia entre eles. Estes resultados levam-nos a supor que os dois episódios, que curiosamente são simultâneos, têm naturezas físicas distintas. Seria bastante importante que esta conjectura pudesse ser comprovada, o que pode ser feito através de um estudo aprofundado da forma de onda dos eventos das duas zonas.

Referências

Borges, J.F., M. Bezzeghoud, E. Buforn, C. Pro and A. Fitas, 2007., The 1980, 1997 and 1998 Azores earthquakes and some seismo-tectonic implications. *Tectonophysics*, 435, 37-54.

GeoPalavra Aplicações das Ciências Físicas em investigações biológicas: luz e electrões

Manuel Mota NemaLab-ICAM, Dept. Biologia, Universidade de Évora

A Física e a Biologia caminharam praticamente sempre lado a lado, pelo menos desde o aparecimento do 1º microscópio composto, construído por Robert Hooke em 1635. Aliás o domínio científico conhecido como “Biofísica” estuda as bases físicas da Biologia e também as aplicações da Física à Biologia. Em Medicina, p.ex., é frequente falar-se em “Física Médica” para identificar a utilização de tecnologias, como p.ex. a radiologia, raios-X, ressonância magnética, TAC, PET, e outras técnicas de Imagiologia, para melhor poder “ver” e interpretar o que se passa dentro do corpo humano. Para quem ainda se lembra, a “Física Médica” era o primeiro edifício, do lado esquerdo, à entrada do antigo “Hospital do Ultramar” (hoje Hospital Egas Moniz) e dirigido por um eminente cientista, Domingos Filipe. Recuando no tempo, foi graças aos avanços no desenvolvimento das lentes polidas efectuados pelos irmãos Janssen, na Holanda, que Robert Hooke conseguiu construir o seu famoso microscópio. A “Biologia” – termo aliás apenas estabelecido em 1803 por Lamarck – desconhecida do microcosmos, teve agora a possibilidade de descobrir todo um universo, repleto de milhares de seres minúsculos fascinantes. Pela primeira vez observaram-se bactérias, protozoários, espermatozoides, a estrutura celular da cortiça e da cebola, etc... Os avanços na física da óptica veio naturalmente beneficiar a Biologia que pôde assim ver cada vez mais e melhor, e com maior nitidez graças, p.ex., à maior abertura numérica das lentes com o consequente aumento de poder de resolução, resultante da conhecida fórmula $d = (0.61 \times \lambda) / AN$, em que d = distância de resolução de dois pontos, λ = comprimento de onda da radiação utilizada e AN = abertura numérica da lente ($= n \sin \alpha$; n = índice de refração do meio e α = ângulo formado pelos raios do objecto ao centro da objectiva e do objecto ao bordo externo da objectiva). Lentes cujos materiais evoluíram desde objectos de vidro mais ou menos imperfeito até à utilização de substâncias nobres e com excelentes propriedades refractoras como o berílio. Um avanço espectacular foi a progressiva correcção das aberrações (cromática e astigmatismo) típicas das lentes, tendo sido contruídas para esse efeito lentes apocromáticas e planapocromáticas. Nos finais do séc. XIX (1870) dá-se um passo fundamental na ciência óptica com a invenção do condensador de Abbe, dispositivo constituído por um conjunto de lentes que concentra de forma muito precisa a luz no objecto, e que muito aumentou o poder de resolução e observação. Para este e outros aspectos básicos de microscopia, recomendo uma visita ao site: <http://www.olympusmicro.com/primer/anatomy/condensers.html>. A componente mecânica envolvendo os tubos, os diafragmas, as fontes de iluminação, os parafusos micrométricos cada vez mais aperfeiçoados, e incorporando possibilidades de medição rigorosa dos objectos, etc... contribuíram igualmente para a melhoria das imagens e comodidade de utilização. Da luz visível, passou-se a experimentar outras fontes de iluminação como a luz

ultra-violeta (hoje praticamente abandonada pelos riscos para a saúde), a fluorescência e, finalmente, os electrões. A utilização da fluorescência, associada mais modernamente à imunologia, gerou uma nova técnica, a imuno-fluorescência, que combina a capacidade de utilização de fluorocromos, de cores diferentes, com anticorpos que se lhes agregam e que localizam com muita precisão diferentes componentes celulares. No trabalho que decorre presentemente no nosso laboratório, utilizámos um marcador específico, DAPI, que se vai ligar ao DNA (cromossomas) das células, produzindo uma cor azul, viva (Hasegawa et al., 2006. *Nematology*, 8: 425-434). Os electrões e as suas propriedades constituem o princípio-base da construção dos microscópios electrónicos. Foi graças aos desenvolvimentos extraordinários de De Broglie, com a descoberta da associação onda-partícula, que se pôde desenvolver o microscópio electrónico, nos anos 30. A ideia é simples: a onda associada ao electrão em grande velocidade (obtida através de uma elevada voltagem, na ordem dos 100 000 V) é de um baixíssimo comprimento de onda (λ), o que na fórmula da resolução produz um valor extremamente baixo (cerca de 0.2 nm para os microscópios de transmissão e cerca de 1-20 nm para os microscópios de “scanning”). Uma importante implicação é que devido ao fraco (quando comparado com a luz) poder de penetração dos electrões, as amostras biológicas têm de ser seccionadas em “fatias” muito mais finas do que se fossem preparadas para observação ao microscópio de luz (microscópio fotónico ou óptico). Assim conseguimos observar componentes celulares a um nível impossível de visualizar com a luz. Os electrões, sob a forma de feixes orientados dentro de uma coluna de vácuo, podem ser utilizados para atravessar uma amostra biológica, revelando assim a sua ultraestrutura, ou então como feixe que “varre” a superfície de uma amostra e de que resulta, entre outras coisas, electrões secundários, ou electrões retrodifundidos, dependente da região atingida pelo feixe, e que se projectam num ecrã fluorescente através de um tubo de raios catódicos (CRT). Os microscópios ditos de “transmissão” (TEM) e de “varrimento” ou em inglês “scanning” (SEM) têm sido fundamentais para se compreender a estrutura e funcionamento das células, bem como visualizar de forma muito detalhada, as superfícies dos seres vivos. No decurso da investigação efectuada no nosso laboratório, temos recorrido com muita frequência a ambos os microscópios, em especial o SEM, para esclarecer aspectos taxonómicos de certos grupos e espécies de animais microscópios, os nemátodes. Recentemente tem sido possível construir microscópios de “efeito de túnel” (<http://physics.nist.gov/GenInt/STM/stm.html>) em que um sensor, colocado a uma distância curtíssima de uma superfície, consegue captar a imagem de átomos, algo impensável há 20 anos atrás. Trata-se de um microscópio particularmente útil para ciências dos materiais.

Direcção e Coordenação Editorial

Alexandre Araújo

Correio electrónico: gboletim@uevora.pt

Depósito legal: 238091/06

ISSN: 1646-3676, Maio, 2007

Painel Editorial

Alexandre Araújo, Ana Maria Silva, António Miguel, Cristina Gama, Mourad Bezzeghoud e Rui Namorado Rosa

Tiragem: 500 Exemplares

Este Boletim é impresso em papel reciclado.

Apoio: **FACT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

