



O interior da Terra - *da crosta ao núcleo*

Ciências da Terra para a Sociedade



www.yearofplanetearth.org

Prospecto relativo a um tema-chave do Ano Internacional do Planeta Terra 2007-2009

Qual o propósito deste prospecto?

Este prospecto é relativo a um dos principais temas científicos a tratar no âmbito do Ano Internacional do Planeta Terra.

Descreve, de forma acessível, por que motivo este tema foi escolhido e qual a razão de toda a investigação com ele relacionada — e que o Ano Internacional espera apoiar — é de importância vital para a nossa compreensão do Sistema Terra e da sociedade.

O prospecto foi escrito por um conjunto de especialistas mundiais reunidos sob os auspícios do Comité do Programa Científico do Ano Internacional do Planeta Terra.

Para saber mais...

Para saber mais acerca dos outros temas de investigação contemplados, é favor consultar www.yearofplanetearth.org e www.progeo.pt/aipt (onde podem ser encontradas todas as nossas publicações).

O que fazer de seguida...

Se é um cientista que deseja desenvolver uma proposta de investigação sobre este tema, por favor visite o site www.yearofplanetearth.org, descarregue o formulário "*Expression of Interest (Science)*" adequado e siga as instruções ou envie-o para o Ano Internacional. Se não conseguir encontrar o formulário que pretende, isso significa que ainda não está em condições de ser disponibilizado. Neste caso, por favor, continue a visitar o *site*.

**O interior da Terra pode parecer distante das
nossas preocupações diárias, mas a verdade é que
possui grande importância para a humanidade**

Introdução

Durante as últimas décadas, as Ciências da Terra evoluíram rapidamente e estão agora aptas a delinear modelos científicos que podem ajudar a reconstruir e a prever a ocorrência de processos na geosfera.

Tal inclui a previsão do comportamento futuro dos sistemas geológicos e também a predição de futuros padrões geológicos. A estrutura e os processos do interior da Terra podem parecer distantes das nossas preocupações diárias, mas a verdade é que ambos possuem grande importância no que respeita às necessidades mais básicas da humanidade, tal como o fornecimento de água e de recursos minerais, a protecção contra desastres naturais e o controlo da degradação ambiental.

Este tema científico centrar-se-á em duas questões-chave:

- de que forma se pode entender melhor a “transferência de massa” (ver mais à frente) à superfície da Terra e o seu “feed-back” no seio da reciclagem que ocorre nas profundezas da Terra?
- de que forma um maior conhecimento dos processos terrestres pode levar a uma previsão mais precisa?

Projectos específicos de grande qualidade e em larga escala envolverão:

- programas de monitorização *in situ* e em tempo real, incluindo satélite, instrumentos superficiais e sondagens
- equipamento laboratorial de geomecânica e geoquímica
- bases de dados contendo informação histórica sobre alterações regionais e globais em combinação com a vulnerabilidade de habitats humanos e naturais
- uma base de conhecimento sobre a modelação e simulação de geo-movimentos, assim como sobre a avaliação de riscos e impactes

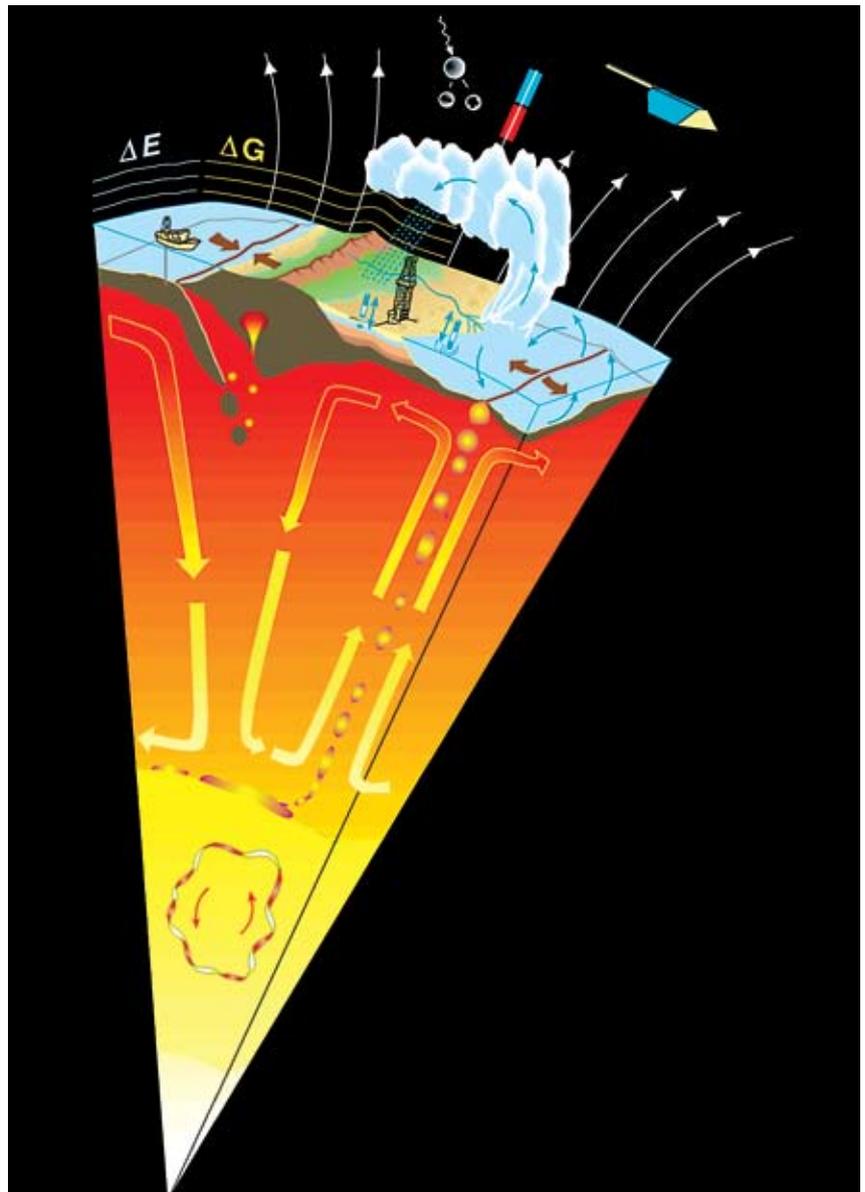
Recentemente, os geólogos começaram a compreender a geosfera em termos mais mensuráveis (quantitativos). A utilização de técnicas sísmicas mais avançadas levaram a um melhor conhecimento da estrutura tridimensional do manto terrestre e da litosfera. É possível descrever, numericamente, como funciona o sistema Terra em profundidade; simultaneamente, a análise quantitativa de bacias de acumulação de sedimentos permitiu ligar o interior da Terra com o registo das alterações inscrito nos sedimentos que se originaram ao longo do tempo geológico.

Melhores formas de “ver” através da rocha permitiram aos geocientistas compreender a fina estrutura da camada mais exterior da Terra, ou litosfera, e de que forma esta se deforma por acção da pressão exercida pelos movimentos das placas tectónicas. Progressos recentes na forma como os geólogos conseguem atribuir idades mais precisas, tornaram possível



descobrir a velocidade a que os processos superficiais e tectónicos têm lugar, com a precisão necessária para distinguir entre as diferentes forças que geram a morfologia terrestre.

O reconhecimento da Terra através da utilização de satélites espaciais permitiu obter resoluções cada vez maiores aquando da monitorização dos movimentos verticais da superfície terrestre. A modelização da forma como a topografia muda com o tempo atingiu um estágio em que é possível juntar, no tempo e no espaço, estudos relativos à deposição de sedimentos e à sua erosão. A uma escala muito menor, colocam-se problemas de arquitectura sedimentar (a forma como diferentes sedimentos se estruturam) e de visualização desta arquitectura através de técnicas de detecção remota que utilizam ondas sísmicas ou electromagnéticas.



A estrutura do interior da Terra é

um tema unificador nas Geociências

O Ano Internacional

Proposto pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS) em 2001, o Ano Internacional foi aceite, de imediato, pela Divisão das Ciências da Terra da UNESCO e, mais tarde, pela UNESCO e pelo Programa Internacional de Geociências da IUGS (IGCP).

O principal objectivo do Ano Internacional — demonstrar o enorme potencial que as Ciências da Terra possuem no estabelecimento de uma sociedade mais próspera, segura e saudável — explica o lema dado ao Ano Internacional: Ciências da Terra para a Sociedade.

O logótipo

O que significa o logótipo do Ano Internacional do Planeta Terra? O Ano Internacional pretende reunir todos os cientistas que estudam o Sistema Terra, pelo que a Terra sólida (litosfera) é representada a vermelho, a hidrosfera a azul escuro, a biosfera a verde e a atmosfera a azul claro. O logótipo é baseado num desenho original realizado por ocasião de uma iniciativa idêntica ao Ano Internacional, designada *Jahr der Geowissenschaften 2002* (Ciências da Terra, Ano 2002) e que teve lugar na Alemanha. O Ministério da Educação e Investigação da Alemanha disponibilizou o logótipo à IUGS.

Apesar dos enormes progressos ocorridos nos últimos 15 anos, esta visualização remota dificilmente se mantém a par da grande procura por parte da sociedade, uma vez que esta apresenta necessidades urgentes de fornecimento de água, de recursos minerais, de protecção contra desastres naturais e de controlo ambiental.

Transferência de massa

“Transferência de massa” significa a forma como as rochas são erodidas em certas áreas da crosta terrestre e redepositadas noutras e, ainda, a forma como o interior plástico da Terra responde às correspondentes mudanças de pressão. Esta questão apresenta-se como uma nova fronteira nas actuais Ciências da Terra - nomeadamente, a tentativa de compreender quantitativamente estes processos.

A estratégia de investigação neste campo une abordagens que, por um lado, são dedicadas a escalas temporais de alta resolução para um registo limitado junto à superfície e, por outro, são de grande escala e a longo prazo, típicas de estudos à escala de bacias sedimentares. O passo essencial em direcção a uma abordagem a quatro dimensões (envolvendo, simultaneamente, espaço e tempo) necessita da modelização dos processos da geosfera, de forma a incorporar dados a escalas menores com as técnicas actuais, de elevada qualidade, de visualização sísmica. É necessário sondar a Terra a fim de obter uma imagem de alta resolução da estrutura e dos processos do seu interior, isto se se quiser quantificar as forças responsáveis pela tectónica de placas.

A estrutura do interior da Terra fornece um tema unificador capaz de abarcar a dinâmica total do sistema Terra. Progressos técnicos recentes (incluindo a tomografia sísmica, a observação espacial orientada para a Terra, as sondagens continentais e oceânicas, a modelização da Terra e as técnicas analíticas) criaram terreno fértil para um arranque inicial através de um esforço global que integra as metodologias actuais e a reunião de bases de dados globais.

Questões-chave

O relevo da Terra: actuação conjunta dos processos internos e superficiais do planeta

O relevo terrestre resulta da interacção entre os processos que têm lugar no interior, à superfície e na atmosfera da Terra. O relevo influencia a sociedade, não apenas em termos dos processos lentos da mudança da paisagem, mas também através do clima. A evolução do relevo (mudanças de nível nos continentes, na água doce e no mar) podem afectar de forma séria a vida humana, assim como a de animais e plantas. Quando há uma subida dos níveis de água doce ou do mar, ou quando o continente sofre subsidência, aumenta o risco de cheias, afectando directamente ecossistemas locais e

A pressão que estamos a fazer

sobre o ambiente torna-nos

cada vez mais vulneráveis

Acerca do Ano Internacional do Planeta Terra

Todo o projecto relativo ao Ano Internacional decorrerá entre 2007 e 2009. A principal justificação para este intervalo de tempo alargado tem a ver com ambiciosos objectivos que não podem ser atingidos em apenas doze meses. Até porque este é um ano internacional diferente dos demais. Primeiro, conseguiu reunir cerca de 10 milhões de euros, fazendo com que este seja um dos maiores empreendimentos alguma vez tentados. Segundo, o dinheiro destina-se em partes iguais para o apoio da investigação e para o ...

aglomerados humanos. Por outro lado, a descida dos níveis de água doce e o levantamento do continente podem levar a um maior risco de erosão ou mesmo de desertificação.

Estas alterações são causadas tanto por processos naturais como por actividades antrópicas, embora, a contribuição absoluta e relativa de cada factor seja ainda mal compreendida. O estado actual e o comportamento do sistema da Terra à superfície é uma consequência de processos que ocorrem a escalas de tempo bastante abrangentes. Estes incluem:

- efeitos tectónicos a longo prazo no levantamento, na subsidência e nos sistemas fluviais
- efeitos residuais das épocas glaciares nos movimentos da crosta (o peso da acumulação de gelo deprime a crosta terrestre que leva milhares de anos para recuperar no seguimento do degelo);
- alterações climáticas e ambientais ao longo dos últimos milénios
- os fortes impactes antropogénicos do século XX

Se queremos perceber o estado presente do sistema Terra, prever o seu futuro e edificar um uso sustentável do mesmo, este espectro de processos (operando actualmente mas a escalas de tempo diferentes) necessita de ser melhor compreendido. O desafio colocado às Ciências da Terra é descrever o estado do sistema, monitorizar as suas alterações, prever a sua evolução e, em colaboração com outras ciências, avaliar diferentes modelos para o seu uso sustentável por parte dos seres humanos.

A investigação necessitará de prestar atenção à interacção entre a tectónica activa, a evolução do relevo e as alterações do nível do mar com elas relacionadas, assim como o desenvolvimento do padrão de drenagem dos rios. Tal significa desenvolver uma estratégia integrada de observação e análise que ponha ênfase nas mudanças a grande escala em zonas vulneráveis do globo.



Fazer previsões geológicas precisas em cadeias montanhosas completamente dobradas e fracturadas vai requerer a colaboração entre investigadores provenientes de diversas áreas de especialidade, como é o caso da geologia, geofísica, geodesia, hidrologia, climatologia, assim como vários campos da geotecnologia e outras áreas científicas.

Geoprevisão: observação, reconstrução e modelização de processos

A pressão que estamos a fazer sobre o ambiente torna-nos cada vez mais vulneráveis. Temos uma necessidade urgente de “sistemas de geoprevisão” cientificamente avançados que possam, de forma precisa, localizar recursos no subsolo e prever a altura e a magnitude de sismos, erupções vulcânicas e a subsidência de terrenos. O concepção destes sistemas coloca um desafio científico multidisciplinar bastante grande. A previsão dos processos que ocorrem na Terra também condiciona a previsão noutras ciências, como as oceanográficas e as atmosféricas, incluindo a previsão de variações climáticas.

Prever o comportamento dos sistemas geológicos requer duas coisas: um extenso entendimento dos processos e dados de elevada qualidade. Espera-se que ocorra progresso nas previsões quantitativas relativas à interface entre a modelização e a observação. É aqui que as hipóteses científicas são confrontadas com a realidade observável. Na sua versão mais avançada, a sequência integrada “observação, modelização, quantificação dos processos, optimização e previsão” é levada a cabo de forma periódica (tanto no espaço como no tempo) e os resultados obtidos são vitais para a criação de novos desenvolvimentos conceptuais.

Observando o presente

Informação sobre a actual estrutura do subsolo e do interior, mais profundo, da Terra (a várias escalas) é um aspecto fundamental da ciência relativa à geosfera. Este aspecto diz respeito ao estudo dos processos activos e também daqueles que já terminaram, mas que podem ter contribuído para as estruturas

... apoio a outras actividades designadas de “divulgação”, como a educação, as relações públicas, e diversas estratégias de comunicação — de forma a transmitir a principal mensagem do Ano — e os resultados da investigação — a biliões de pessoas em todo o mundo. Nunca nenhum dos anos internacionais decretados pelas Nações Unidas operaram, alguma vez, a este tipo de escala.

Os dez temas foram escolhidos pelo seu impacto social, pelo seu potencial de divulgação, assim como pela sua natureza interdisciplinar e alto potencial científico.





actuais. O estudo dos processos activos é importante porque as observações com eles relacionadas (dizendo respeito, por exemplo, à actividade sísmica, à deformação superficial e ao campo gravítico da Terra) podem ser realizadas (e utilizadas) como condicionantes da modelização desses processos. A compreensão relativamente aos processos que foi adquirida com estes exercícios é muito valiosa, pois permite guiar a reconstrução de processos passados.

Reconstruindo o passado

Apesar da geosfera ter mudado continuamente ao longo do tempo, ela ainda possui vestígios da sua evolução mais precoce. Saber o papel desempenhado pelos processos litosféricos internos e externos no controlo das taxas de erosão e da sedimentação, representa um grande desafio.

A cobertura sedimentar da litosfera fornece um registo de alta resolução sobre as mudanças ambientais, assim como da deformação e da transferência de massa à superfície e a diferentes profundidades da crosta, da litosfera e do sistema mantélico. Nos últimos anos, contribuições pioneiras ajudaram a explicar de que forma os processos tectónicos da litosfera e o registo sedimentar se encontram relacionados. Estas demonstram, por exemplo, o controle exercido pelos campos de tensões das placas litosféricas nas sequências de sedimentos que sobre elas se acumulam e, ainda, no registo das mudanças relativas do nível do mar em bacias sedimentares. Os geocientistas estão, também, a tornar-se cada vez mais conscientes da forma como os processos tectónicos activos afectam as bacias sedimentares, assim como as grandes implicações que estes processos têm no fluxo de fluidos e em movimentos verticais recentes no sistema que liga o interior da Terra aos seus processos superficiais.

A cobertura sedimentar da litosfera fornece um registo das mudanças ambientais, envolvendo deformação e transferência de massa à superfície da Terra e a diferentes profundidades no interior da crosta, da litosfera e do sistema mantélico. Nas últimas décadas, a análise sedimentar de bacias tem estado na vanguarda na integração dos componentes sedimentares e litosféricos dos campos (anteriormente separados) da Geologia e da Geofísica. Um grande objectivo é integrar a tectónica activa, os processos superficiais e a dinâmica da litosfera na reconstrução da antiga topografia das bacias e das suas áreas circundantes. Uma abordagem completamente integrada (combinando a topografia dinâmica e a dinâmica de bacias sedimentares) é igualmente importante, tendo em consideração o papel social determinante que estas bacias desempenham na localização de recursos, como hidrocarbonetos. Para mais, uma vez que a maioria das pessoas vive actualmente no interior ou perto de bacias sedimentares (em zonas costeiras e deltas), tanto as populações como os aglomerados onde vivem permanecem vulneráveis a riscos geológicos colocados pela actividade do sistema Terra.

Ver também o prospecto 3 desta série: *Desastres naturais*.



Programa Científico

Um painel de 20 geocientistas eminentes de todas as partes do mundo decidiram elaborar uma lista da qual constam dez temas científicos abrangentes — Águas Subterrâneas, Desastres naturais, Terra e Saúde, Alterações climáticas, Recursos, Megacidades, Interior da Terra, Oceano, Solo e Terra e Vida.

O próximo passo é proceder à identificação de tópicos científicos pertinentes e passíveis de desenvolvimento no âmbito de cada um dos principais temas abrangentes. Foram formadas equipas para cada um destes temas com o

objectivo de organizar um Plano de Acção. Cada equipa elaborou um texto que será publicado sob a forma de um prospecto dedicado a um determinado tema, do tipo daquele que tem entre mãos.

Posteriormente, serão criados uma série de Grupos de Implementação de forma a iniciar o trabalho dedicado a cada um dos dez programas. Serão desenvolvidos todos os esforços para que se envolvam especialistas de países com um particular interesse por algum dos temas.

Para mais informação:
www.yearofplanetearth.org





Deformação da litosfera

A forma como as rochas do manto terrestre “fluem” exerce controlo sobre a espessura e a resistência das placas litosféricas, a extensão da associação entre os movimentos das placas e o fluxo no interior da Terra, o padrão e a taxa de convecção na astenosfera, assim como sobre processos mais locais, tais como o padrão e a taxa de fluxo do manto e a extracção de fluido nas cristas médio-ocênicas. De modo a compreender o comportamento dinâmico da parte exterior da geosfera, em particular a dinâmica da distensão da litosfera e o *rifting* e o desenvolvimento de bacias sedimentares a ela associados, é essencial um conhecimento detalhado da forma como “fluem” diferentes zonas do manto.

Modelização e validação de processos

A modelização dos processos da geosfera é um estágio transitório entre a modelização cinemática e dinâmica. Este desenvolvimento não pode ter lugar sem a interacção com sub-disciplinas relativas à estrutura e cinemática da Terra ou à reconstrução de processos geológicos. De facto, progressos na investigação relativa à estrutura da Terra, em particular o advento de modelos de velocidade sísmica em 3D, abriram o caminho para os estudos dos processos dinâmicos no interior da Terra. A informação estrutural é um pré-requisito para a modelização dos processos da geosfera. De igual modo, informação sobre movimentos horizontais e verticais actuais, assim como a reconstrução de movimentos e temperaturas ocorridos no passado ou, ainda, outros processos característicos, é utilizada na formulação e testagem de hipóteses que dizem respeito a processos dinâmicos. Inversamente, os resultados obtidos a partir da modelização motivam e conduzem a investigação na observação do presente e na reconstrução do passado.

Apesar do ênfase colocado na dinâmica de processos, é, em particular, a partir da modelização dos processos que os benefícios completos de associar escalas espaciais e temporais se tornam mais visíveis. A escala dos processos estudados vai desde a dimensão planetária à pequena escala mais relevante para processos sedimentares, com a escala de profundidade a ser adequadamente reduzida.

● **Apesar do grande sucesso da teoria**
da tectónica de placas, há muitos
problemas que permanecem por responder ●

**Temas do Ano
Internacional**

Água subterrânea -
reservatório para um
planeta com sede

Desastres naturais -
minimizar o risco,
maximizar
a consciencialização

Terra e saúde -
construir um ambiente
mais seguro

Alterações climáticas
- registos das rochas

Recursos - a caminho de
um uso sustentável

Megacidades - o nosso
futuro global

Interior da Terra -
da crosta ao núcleo

Oceano - abismo do
tempo

Solo - a pele da Terra

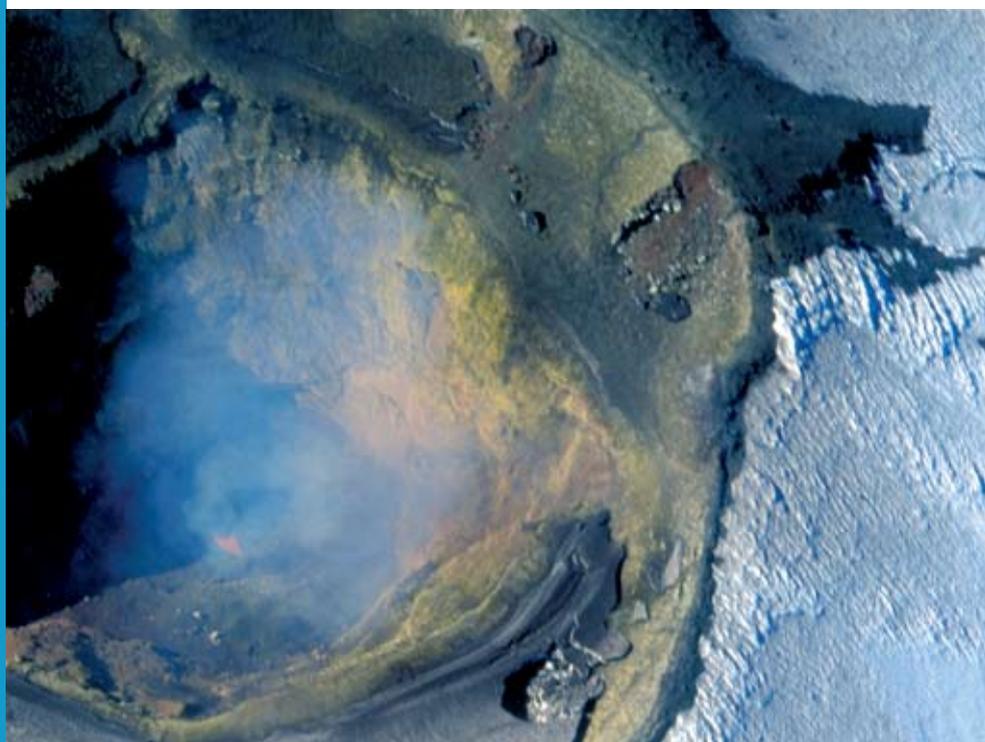
Terra e vida - as
origens da diversidade

Desafios e desenvolvimentos

Apesar do grande sucesso da teoria da tectónica de placas nas modernas Ciências da Terra, problemas fundamentais ainda permanecem no que diz respeito à evolução dos continentes e ao seu papel na dinâmica da litosfera e do manto terrestre. O processo de crescimento dos continentes (à escala da diferenciação planetária), a sua espessura e a associação dinâmica com o manto subjacente são tópicos a que uma série de sub-disciplinas necessitam de prestar atenção.

Questões igualmente importantes que permanecem por resolver, dizem respeito ao mecanismo de controlo da tectónica continental e aos seus efeitos nos movimentos verticais, na dinâmica topográfica e na formação de bacias sedimentares. Neste aspecto, é vital a dinâmica da separação dos continentes, de que forma as placas mergulham por baixo de outras nas zonas de subducção, como é que as montanhas se erguem e são desgastadas pela erosão e os seus efeitos na evolução da plataforma continental e nos processos de fronteira entre oceanos e continentes. Igualmente importantes são as taxas e as escalas a que esses processos operam.

De forma a quantificar os processos essenciais envolvidos no estudo da geosfera, é essencial associar forças internas e externas. O trabalho realizado sobre as estruturas e os processos da crosta, a dinâmica da topografia e as bacias sedimentares regista progressos a escalas cada vez mais reduzidas.



**A abordagem moderna ao sistema Terra requer uma
integração detalhada das bases de dados existentes**

Informação adicional para investigadores

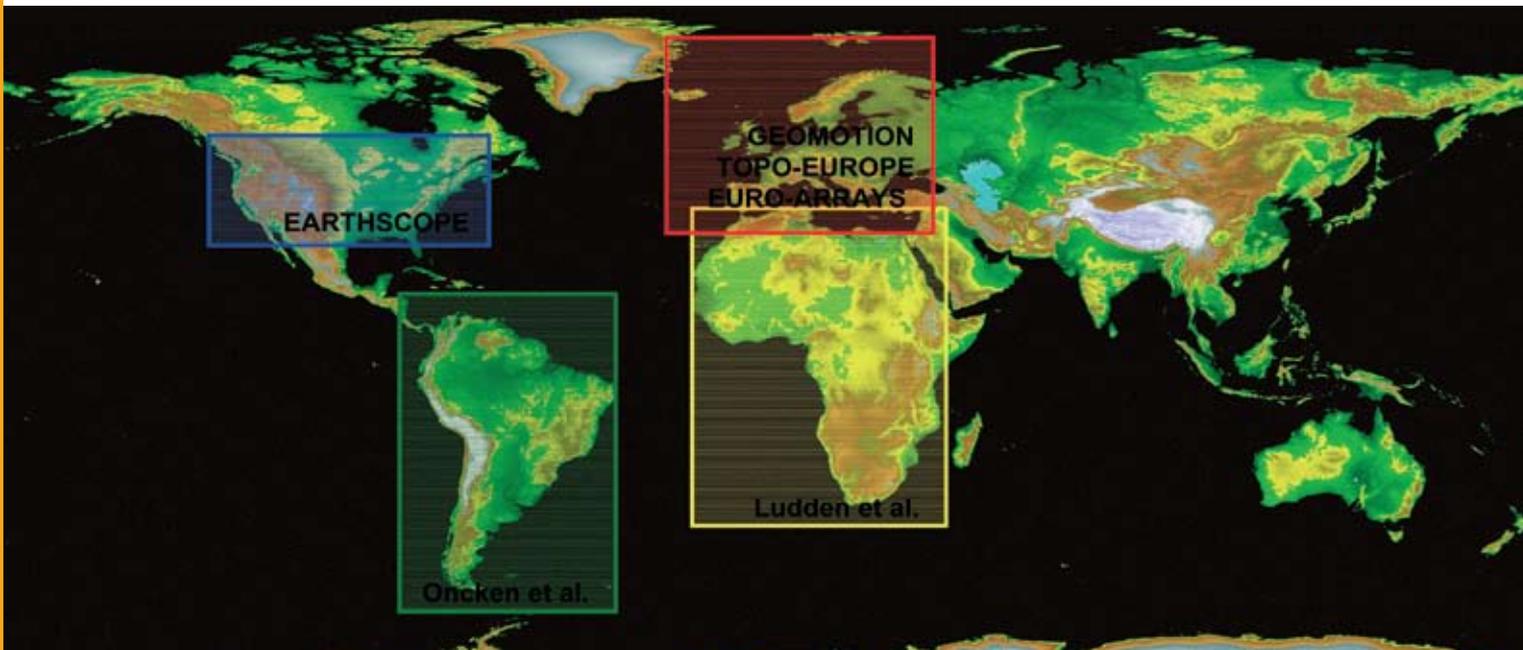
Uma abordagem integrada a laboratórios naturais seleccionados e análogos

Os laboratórios análogos são a chave para a reconstrução do passado e a previsão do futuro nas Ciências Geológicas. O laboratório natural que é a Terra permite a observação de diferentes períodos de tempo num determinado intervalo de escalas mas, por si só, oferece um registo incompleto dos 4 mil milhões de anos da história da Terra.

Iniciativas em larga escala para a integração da Terra profunda e superficial estão em desenvolvimento, cobrindo a Europa (GEOMOTION, TOPO-EUROPE, EURO-ARRAYS), os Estados Unidos (EARTHSCOPE), a placa africana e a placa sul-americana. Simultaneamente, grandes iniciativas internacionais de investigação, tal como o Programa Integrado de Sondagens Oceânicas (IODP), o Programa Integrado de Sondagens Continentais (ICDP) e o Programa Internacional da Litosfera (ILP) fornecem uma plataforma a partir da qual é possível estender esses esforços de investigação a outras áreas do globo. A força complementar dos métodos de investigação direccionados para laboratórios naturais seleccionados levará a uma abordagem de múltiplos métodos sem paralelo quando comparada com qualquer outro programa de investigação mundial.

Processos associados da Terra profunda e superficial (CODESP)

A moderna abordagem do sistema Terra requer uma integração das bases de dados existentes, assim como a sua capacidade para se expandir e permitir o armazenamento e troca de novos dados recolhidos durante o crescimento do programa. É necessário fazer a unificação e a associação das técnicas de modelização existentes de forma a alcançar uma integração completa das



Programa de Divulgação

O Programa de Divulgação do Ano Internacional do Planeta Terra enfrenta um desafio de escala muito particular. Com, potencialmente, 10 milhões de dólares para gastar, é inconcebível que pudesse operar de uma forma prescritiva. Nenhum indivíduo ou comité pode idealizar modos eficazes de utilizar tal verba na sua totalidade. Assim, o Programa de Divulgação, tal como o Programa Científico, irá funcionar como um corpo de dotação de fundos, recebendo propostas para apoio financeiro, desde recursos educativos para a internet a obras de arte que ajudem a reforçar junto do público a mensagem central do Ano Internacional. O Programa de Divulgação irá permitir que as coisas aconteçam localmente no âmbito de um evento internacional, dando-lhes perfil e coerência.

Um Prospecto de Divulgação nesta série (número 11) encontra-se disponível para todos os que estão interessados em candidatar-se.

actuais abordagens disciplinares e expandir a geração seguinte de aplicações 3D. Para além disso, é necessário a existência de trocas flexíveis que permitam a ocorrência de *feed-back* na quantificação dos processos terrestres na interface entre as bases de dados e as ferramentas de modelização. Consequentemente, tem que haver grandes investimentos nas tecnologias de informação, possibilitando a expansão de das instalações de *hardware* e *software* existentes. Um valor adicional significativo será igualmente alcançado através do desenvolvimento de um centro para a interpretação, validação e modelização integrada da geosfera enquanto “espinha dorsal” dos Processos associados da Terra profunda e superficial (CODESP). Um tal desenvolvimento permitirá a existência de um conjunto de *hardware* e *software* integrado, dedicado à análise direccionada e consistente de grandes conjuntos de dados em 3D.

Processo associado de modelização e validação

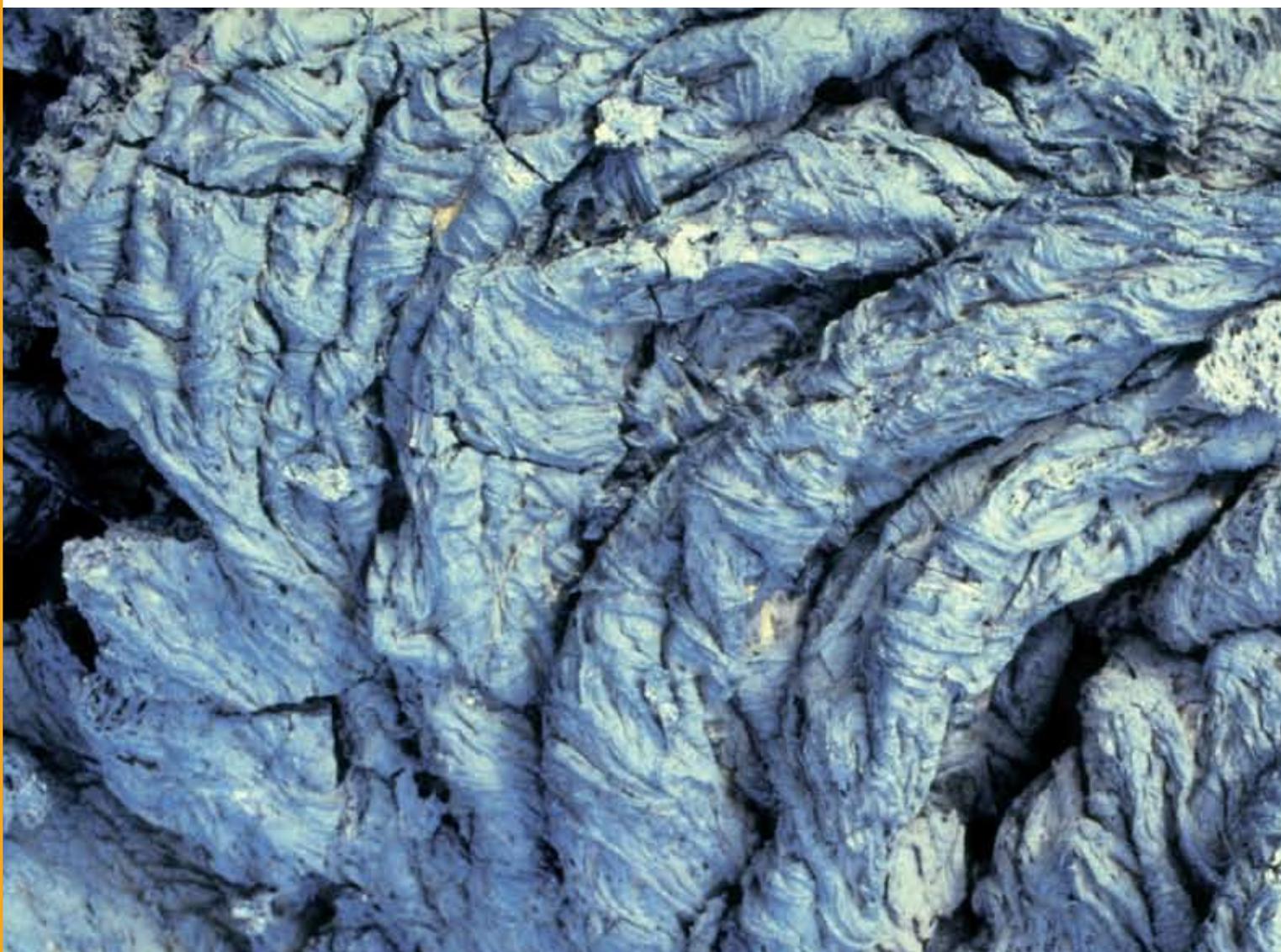
O processo de modelização e validação permite a completa implementação e optimização da abordagem quantitativa levada a cabo pelo CODESP. Neste contexto, dois aspectos inter-relacionados devem ser enfatizados. O primeiro é a capacidade fundamental dos processos numéricos de modelização para ligar as propriedades geométricas/estruturais e mecânicas a aspectos cinemáticos e dinâmicos dos processos estudados. O segundo é que, ao utilizar esta capacidade, a modelização quantitativa e o condicionamento quantitativo no fluxo e *timing* obtidos pelas mais recentes ferramentas analíticas, desempenharão um papel crucial na investigação dedicada à descodificação das complexas interações entre as escalas temporais e espaciais dos processos terrestres..



● **Treinar jovens cientistas é**
um investimento no futuro ●

Valor adicional na capacidade de construção

Treinar jovens cientistas no novo ambiente de investigação multi-disciplinar criado pelo CODESP é um investimento na futura capacidade de investigação em Ciências da Terra. Um *workshop* internacional decorrerá durante o Ano Internacional do Planeta Terra, durante o qual investigadores-chave serão convidados e incumbidos de propor um plano de investigação.



Textos

Sierd Cloetingh (ISES, Netherlands – team leader)

Rolf Emmermann (GFZ, Germany)

John Ludden (CNRS, France)

Hans Thybo (Copenhagen, Denmark)

Mark Zoback (Stanford, USA)

Frank Horvath (ELTE, Hungary)

Edição Ted Nield

Ilustrações Ted Nield, John Simmons,
and www.geolsoc.org.uk Photo Library

Design André van de Waal, Coördesign, Leiden

Edição portuguesa

Coordenação José Brilha, Universidade do Minho
geral Artur Sá, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro

Tradução para PANGEO, Braga [www.pangeo.pt]
língua portuguesa

Apoio científico Jorge Pamplona, Dep. de Ciências
na tradução da Terra, Universidade do Minho

© Outubro 2007 www.progeo.pt/aipt
Comissão Nacional da UNESCO

Parceiros internacionais

American Association of Petroleum Geologists (AAPG)

American Geological Institute (AGI)

American Institute of Professional Geologists (AIPG)

Geological Society of London (GSL)

International Association of Engineering Geologists and the
Environment (IAEG)

International Geographical Union (IGU)

International Lithosphere Programme (ILP)

International Union for Quaternary Research (INQUA)

World Soil Information (ISRIC)

International Society for Rock Mechanics (ISRM)

International Society for Soil Mechanics and Geotechnical
Engineering (ISSMGE)

International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)

International Union of Soil Sciences (IUSS)

TNO Built Environment and Geosciences - Geological Survey
of the Netherlands

© August 2004,
Earth Sciences for Society Foundation,
Leiden, The Netherlands



United Nations Educational Scientific
and Cultural Organisation

Edição portuguesa



Patrocínios:



www.yearofplanetearth.org



International Year of Planet Earth

IYPE Secretariat

NGU

N-7491 Trondheim

NORWAY

T + 47 73 90 40 00

F + 47 73 92 16 20

E iype.secretariat@ngu.no

www.yearofplanetearth.org