

A influência dos processos intra-telúricos na atmosfera, hidrosfera e biosfera

Línia Martins & João Mata

Dep. Geologia e CeGUL, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Ed. C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa.
lmartins@fc.ul.pt jmata@fc.ul.pt

Palavras chave: Grandes províncias ígneas (LIPs); super-plumas mantélicas; extinção em massa; anoxia dos oceanos

A Terra comporta-se como um sistema único através da interação de seis grandes sub-sistemas (núcleo, manto, crusta, hidrosfera, atmosfera e biosfera). Tal significa que existem relações causa-efeito entre a actividade interna do planeta e as condições de habitabilidade, que tanto podem favorecer como devastar a vida. Desde logo o campo magnético terrestre, por muitos considerado como escudo protector essencial à vida no nosso planeta, é consequência das correntes de convecção ocorridas no núcleo externo, entre os 2900 km e os 5150 km de profundidade.

O fluxo de calor à superfície do nosso planeta ($4,2 \times 10^{13}$ W) dá-nos uma ideia da enorme quantidade de energia térmica que ainda hoje caracteriza a Terra, cerca de 4.55 Ga depois da sua origem. Uma parte significativa ($\approx 10\%$) desse calor é transferido para a superfície por acção do que se convencionou chamar de plumas mantélicas (estruturas colunares ascendentes de material sólido menos denso e viscoso que o material mantélico envolvente). As plumas, caracterizando-se também por excessos de temperatura, originam-se em descontinuidades térmicas no interior do planeta. As mais significativas ocorrem a cerca de 670 km e 2900 km de profundidade, esta sendo correspondente à fronteira manto-núcleo. Um tão profundo enraizamento de algumas das plumas mantélicas é suportado quer por dados de tomografia sísmica, quer por dados geoquímicos (isótopos de gases raros).

A acção das plumas mantélicas sob as placas litosféricas em movimento é usualmente considerada como a causa de grandes alinhamentos de edifícios vulcânicos no interior das placas. São exemplo os alinhamentos de ilhas e montes submarinos que terminam no Hawaii e na Madeira. Para além disso, algumas das plumas mantélicas, nomeadamente as designadas super-plumas, são também causadoras de alterações consideráveis nas condições ambientais à superfície do planeta, por vezes com consequências importantes para a vida.

Na verdade algumas das mais volumosas províncias magmáticas do nosso planeta são consideradas como se tendo originado a partir da fusão adiabática de super-plumas mantélicas (e.g. Decão: $2,6 \times 10^6$ km³ de rochas magmáticas formadas em menos de 3 Ma).

A rápida erupção de tão grandes volumes de magmas provoca alterações significativas no ambiente devido à descarga no sistema atmosfera/oceano de enormes quantidades de gases de estufa como o CO₂ e o CH₄, mas também de gases tóxicos como o SO₂ e os halogéneos F, Cl e Br. A súbita libertação de enormes quantidades de gases de estufa induz um rápido aquecimento global e a anoxia dos oceanos, podendo a concentração de oxigénio dissolvido na água do mar chegar a ser inferior a 1ml/l. Estas alterações ambientais, por vezes súbitas, não permitem que a biosfera se adapte levando à extinção de um número significativo de espécies. Note-se que em situações que, pelo quimismo dos magmas, o vulcanismo adquire um carácter explosivo, grandes volumes de cinzas vulcânicas são lançados na atmosfera com a consequente formação, na estratosfera, de um filtro de poeiras e aerossóis que, diminuindo a taxa de insolação da Terra, pode levar a um arrefecimento do planeta. Foi o que se constatou nos três anos subsequentes à erupção andesítico-dacítica do Pinatubo (1991) quando se verificou diminuição global da temperatura de cerca de 0.5°C.

No Fanerozóico são reconhecidos cinco eventos maiores de extinção em massa marcando o término dos períodos Ordovícico, Pérmico, Triásico e Cretácico bem como o final do Andar Frasniano (Devónico Superior). Destes, só o ocorrido na fronteira K-T (Cretácico-Terciário), terá sido imediatamente antecedido da acção de um agente externo à Terra, o impacto de um asteróide na Península de Iucatão, no México, o qual originou a cratera de Chicxulub há 65.6 Ma. No entanto, este impacto foi sincrónico com a erupção da grande província ígnea do Decão (idade principal 66 Ma). Aceita-se actualmente que a conjugação destes dois

eventos, tendo levado à súbita modificação do clima, foi responsável pela extinção dos Dinossáurios e de muitas outras espécies. Para os outros casos, não existindo dados que confirmem de forma indubitável a intervenção de impactos meteoríticos, ganha relevância a sua correlação temporal com a formação de LIPs (Fig. 1), reforçando a ligação entre a actividade das plumas mantélicas, o clima e a vida. Daqueles eventos de extinção em massa o mais importante foi o ocorrido no final do Pérmico (250Ma), tendo levado à extinção de cerca de 95% das espécies marinhas e de 70% das espécies de vertebrados terrestres. A sua origem tem sido relacionada com a formação da grande província ígnea da Sibéria ($> 2,5 \times 10^6$ km³ de rochas magmáticas geradas em 2 Ma).

Durante o Cretácico e mais propriamente entre os 125 e os 80 Ma verificou-se um período anormalmente longo de estabilidade da polaridade do campo magnético terrestre. Este período foi também marcado por muito elevadas taxas de produção magmática associadas à actuação de pluma(s) mantélica(s) (*the Mid-Cretaceous superplume episode*) o que aponta para uma relação de causa-efeito entre os movimentos convectivos do núcleo e a formação de plumas mantélicas. Este super evento magmático expressou-se por um significativo aumento (até 100%) da produção de crosta oceânica que, se incluída a actividade intraplaca (e.g. Ontong-Java Plateau; 120 Ma) se caracterizou por taxas de erupção da ordem de 25 a 35×10^6 km³/Ma. Neste intervalo de

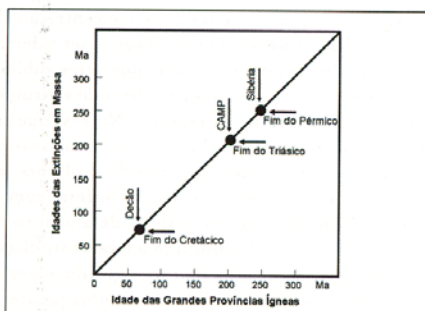


Figura 1 — Correlação, para os últimos 300 Ma, entre as grandes extinções em massa e a idade das Grandes Províncias Mágmatias. CAMP: Central Atlantic Magmatic Province. Adaptado de Courtillot & Renne (2003).

tempo a actividade magmática continental foi também intensa como o demonstra a geração, há cerca de 90 Ma, dos *Continental Flood Basalts* de Caraíbas-Colômbia e de Madagáscar.

Esta intensa actividade ígnea, foi acompanhada por um proporcional aumento de desgaseificação do manto, com consequências geológicas à escala global: favorecimento de um super efeito de estufa (em parte por um excesso de CO₂); aumento drástico da temperatura, forte deposição de argilas negras (em resposta à anoxia dos oceanos). Geraram-se assim condições propícias à produção de petróleo e gás natural (oceanos aquecidos e enriquecidos em carbono, enxofre, fósforo e azoto, maioritariamente de origem magmática, apresentam-se ricos em nutrientes para o plácton, matéria prima dos hidrocarbonetos). De facto, 50% a 60% das reservas actuais de hidrocarbonetos formaram-se durante esses 40 Ma. É interessante notar que os hidrocarbonetos resultantes indirectamente da actividade das plumas mantélicas actuantes no Cretácico médio (125–80 Ma), constituem parte do suporte do tipo de civilização que desenvolvemos.

Referências

- Bryan, S., Peate, I. U., Self, S., Peate D., Jerram D., Mawby, M., Marsh, G. & Miller, J., 2010. The largest volcanic eruptions on Earth. *Earth Sciences Reviews*, 102: 207-229.
- Courtillot, V., 2009. Nouveau voyage au centre de la Terre. *Odile Jacob sciences*, 348p.
- Courtillot, V. E. & Renne, P.R., 2003. On the ages of flood basalts events. *Comptes Rendus, Geoscience*, 335: 113-140.
- Marzoli, A., Renne P.R., Piccirillo, E.M., Ernesto, M. & Bellineni, G., 1999. Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, 284: 616-618.
- White, R.V. & Saunders, A. D., 2005. Volcanism, impact and mass extinctions: incredible or credible coincidences? *Lithos*, 79: 299-316.
- Wignall, P. B., 2005. *The link between Large Igneous Provinces eruptions and mass extinctions. Elements*, 1: 293-297.