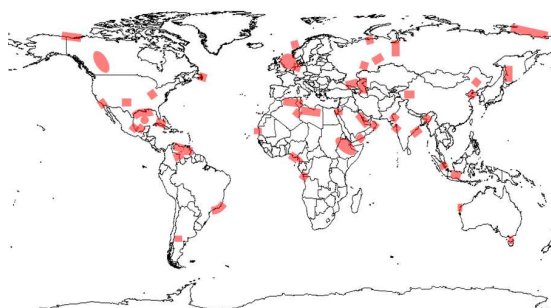




## Fala da Terra



Nesta edição do Jornal Fala da Terra descrevemos a erupção do Monte Pelée em 1902. Na seção Recursos, continuamos com a listagem dos grandes campos petrolíferos ao redor do mundo, visitando neste mês os maiores dos continentes africano e Europa. Em Geohistória relembramos o aniversariante do mês, Alfred Wegener, célebre pela teoria da deriva dos continentes. Em Leitura da Terra descrevemos os métodos sísmicos de investigação das porções mais profundas da Terra. Finalmente, em Arte da Terra, um campo de geisers, Tatio, ali no Chile. Quem sabe nas próximas férias !

**Luiz Alberto Santos**

### GEODINÂMICA: Monte Pelée



St Pierre destruída após a erupção de maio de 1902 (fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Mount\\_Pelée](http://en.wikipedia.org/wiki/Mount_Pelée))

Depois de 50 anos da mais completa quiescência, Monte Pelée, situado na Martinica – Caribe - despertou emitindo gases e expelindo pequenas quantidades de cinzas vulcânicas por vários meses. Os cerca de 30000 habitantes de St. Pierre, capital da Martinica, não entenderam que aquela emissão de gases era prenúncio de uma erupção devastadora que iria ocorrer em 8 de maio de 1902.

A erupção se manifestou pela emissão de imensa nuvem de gás incandescente com temperaturas próximas a 1075 °C. Imersos nesta nuvem de gás encontravam-se fragmentos de lavas semi-consolidadas e rochas (piroclastos). Esta mistura mortal chamada de *nuée ardente* (nuvem ardente) fluiu montanha abaixo a uma velocidade de 216 Km/h e atingiu St. Pierre, situada a 8 Km do Monte Pelée.

A nuvem ardente engoliu tudo a sua frente e vitimou os habitantes de capital, incluindo pessoas embarcadas que se encontravam na região portuária. Um dos sobreviventes deste cataclisma foi Louis-Auguste Cyparis, um condenado que se encontrava aprisionado em uma masmorra.



### RECURSOS: Grandes províncias petrolíferas III

Vamos dar um passo do tamanho do Atlântico e alcançamos o continente africano. Lá destacamos o Complexo de Kizomba na Angola, os campos de Agbami e Bonga na Nigéria, o campo de Hassi Messaoud na Argélia e o campo de Serir na Líbia.

O Complexo de Kizomba (9 na Figura R-1) envolvendo os campos de Hungo e Chocalho, situa-se no Delta do Congo, *offshore* da Angola (lâmina d'água de 1200 m), e possui reserva estimada de 2 bilhões de barris. Atualmente encontra-se em exploração pela ExxonMobil e constitui um dos maiores projetos em desenvolvimento da produção de óleo em águas profundas no país.

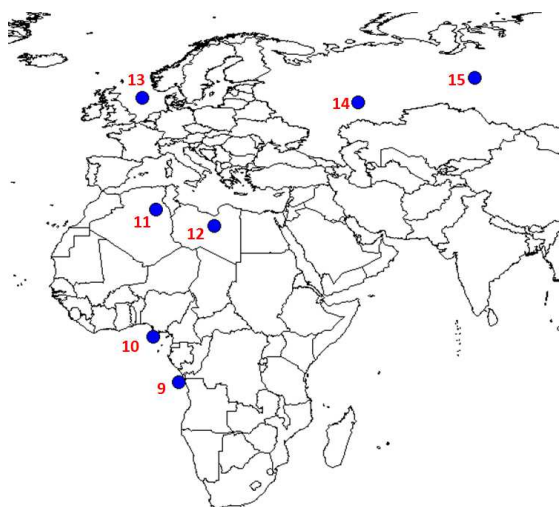


Figura R-1: Distribuição dos maiores campos africanos e na Europa

Do outro lado do Mediterrâneo chegamos a Europa. Lá destacamos o campo de Ekofisk (13 na Figura R-1) no Mar do Norte norueguês e com reserva de 3,3 bilhões de barris. Ekofisk foi descoberto em 1969 e teve sua produção iniciada em 1971. O Mar do Norte constitui uma área de produção madura, contando atualmente com reduzidas perspectivas exploratórias.

Na Nigéria cita-se o campo de Agbami (10 na Figura R-1) localizado no Delta do Niger com reserva estimada de 1,4 bilhões de barris. O Delta do Niger contém um dos maiores recursos de hidrocarbonetos na África. Embora destaquemos aqui o campo de Agbami, o Delta do Niger possui mais de 250 campos petrolíferos que somam reservas superiores a 36 bilhões de barris.

Saindo do Atlântico, vamos para dois países banhados pelo Mediterrâneo, Argélia e Líbia. Começamos com a Argélia onde o campo de destaque é Hassi Messaoud (11 na Figura R-1). Trata-se de um campo terrestre descoberto em 1956, então com reserva igual a 9 bilhões de barris. Ainda em operação, o campo produz cerca de 350 mil barris por dia.

Na Líbia o destaque vai para o campo terrestre de Serir (12 na Figura R-1) com reserva igual a 14 bilhões de barris. Este campo encontra-se na chamada Bacia Sirte com recursos da ordem de 43 bilhões de barris.



Figura R-2: Complexo de produção do campo de Ekofisk.

Indo um pouco mais para leste, alcançamos o maior produtor e detentor de reservas na Europa, a Rússia. O maior campo russo, Samotlor (14 na Figura R-1), encontra-se na Província da Sibéria Ocidental. Ele foi descoberto em 1965 com reservas de 20 bilhões de barris e entrou em produção em 1969. Atualmente ele encontra-se em exploração a uma taxa de 700 mil barris por dia. Na Província do Volga-Ural há um outro campo gigante também na Rússia, Romashkino (15 na Figura R-1), com reserva de 16 bilhões de barris na época do descobrimento em 1948.

(continua na próxima edição)



## Fala da Terra

### GEOHISTÓRIA: Alfred Wegener

Nos 50 anos de sua breve vida, Wegener revolucionou nosso entendimento da geologia com sua visão de um mundo em perpétua, gradual deriva, com continentes boiando, como gigantescas jangadas de granito, erguendo montanhas e aniquilando oceanos quando em colisão. Baseou sua teoria no ajuste entre os continentes como em um quebra-cabeças (Figura GH-1) e na correlação de fósseis existentes em continentes hoje separados por oceanos. Um deles é o *Mesosaurus brasiliense* (Figura GH-2), um pequeno fóssil de réptil achado na África e na América do Sul.



Alfred Lothar Wegener nasceu em 01 de novembro de 1880 em Berlim, império alemão. Ele formou-se em astronomia e concluiu seu doutoramento em 1904 pela Universidade de Berlim. Um dos aspectos inovadores de Wegener já em sua época era o caráter multidisciplinar de suas pesquisas. Embora formado em astronomia, começara a carreira como meteorologista na sua Berlim. Neste ramo estudava os fenômenos atmosféricos em balões de ar quente, atividade que lhe rendeu um recorde de permanência no ar por cerca de 52 horas. Wegener participara de três expedições científicas ao Ártico. A primeira delas ocorreu em 1906 e se caracterizou por eventos trágicos pontuados pela morte do líder da expedição, Ludwig Mylius-Erichsen, além de muitos outros.



Figura GH-1: Ilustração evidenciando o ajuste entre os contornos da costa leste sul-americana e a costa oeste africana.

A segunda expedição tinha como objetivo atravessar a Groenlândia de leste a oeste. O grupo partiu da costa em Setembro 1912. Logo no início diversos participantes foram vitimados por avalanches quase pondo esta empresa a termo. Em novembro J.P. Koch, um explorador dinamarquês, quebrou uma das pernas devido a uma queda em um crevasse immobilizando o grupo até abril de 1913, quando retomaram a caminhada Koch, Wegener, um cão de neve e 5 pôneis. Pelos 40 dias seguintes eles ficaram sujeitos a uma terrível nevasca e ventos furiosos. Devido as condições meteorológicas e falta de alimentos para os pôneis, estes foram sacrificados. Em julho os dois exploradores alcançaram o que se supunha ser a costa oeste. Trinta e seis horas de nevasca e falta de suprimentos os fizeram matar o cão de neve para dele se alimentarem.

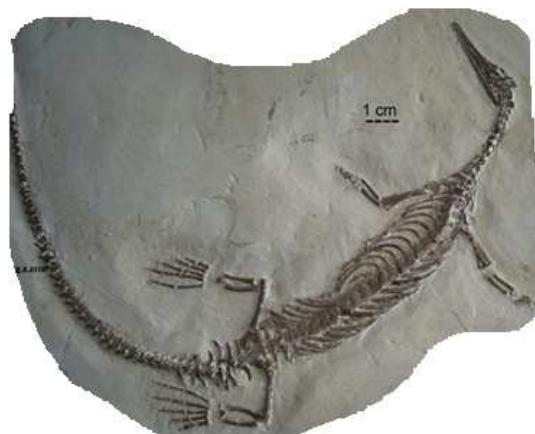
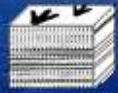


Figura GH-2: Fóssil do réptil *Mesosaurus Brasiliensis* encontrado na Bacia do Paraná (Brasil) e África meridional.

Ao retornar desta segunda expedição Wegener continuou a trabalhar na sua teoria sobre a deriva dos continentes, além de aglutinar seus importantes estudos sobre meteorologia. Em 1924 Wegener foi laureado com a cadeira de estudos meteorológicos e geofísicos na Universidade de Graz na Áustria.

Em 1930 Wegener partiu em uma terceira expedição com o objetivo de reabastecer uma estação meteorológica em Eismitte, no centro da Groenlândia. A expedição cumpriu seu objetivo. Retornando para a costa, Rasmus Villumsen e Wegener pereceram por motivos imprevistos e até hoje desconhecidos. Os restos mortais de Wegener foram encontrados em maio de 1931 cobertos por um saco de dormir. Villumsen jamais fora encontrado.



## Fala da Terra

Gostaria de dividir com o leitor o interessante aspecto da multidisciplinaridade. Formado em astronomia e estudando as condições atmosféricas voando em um balão Wegener propôs uma teoria que embasou a moderna teoria das Placas Tectônicas. Nos rigores e dificuldades de cada uma das excursões, uma placa de gelo boiando placidamente sobre um oceano gelado foi uma fonte inspiradora para a deriva continental, não ?



## LEITURA DA TERRA: O Interior da Terra

Diferentemente do que revelara Julio Verne em sua obra de ficção Viagem ao Centro da Terra, originalmente publicada em 1871, nenhum homem jamais chegou ao centro de nosso planeta. A investigação do subsolo somente ocorreu através de observação direta em minas, ou por poços ou ainda por métodos geofísicos. A mina mais profunda do mundo, Tau Tona, situa-se na África do Sul e atingiu a profundidade de 3900 m para produzir ouro. O poço mais profundo perfurado até hoje situa-se na Península de Kola, Rússia, e atingiu a profundidade de 12262 m ([http://www.faladatterra.com/uploads/JFDT\\_201305.pdf](http://www.faladatterra.com/uploads/JFDT_201305.pdf)). Um pequeno lembrete: O raio da Terra é igual a 6371000 m. Portanto teremos que cavar 1633 vezes mais fundo ou fazer poços 520 vezes mais profundos para atingirmos o centro da Terra. Isso, acreditem, não é uma perspectiva possível mesmo a longo prazo. Sobraram, portanto os métodos geofísicos.

Dentre os métodos geofísicos, a sísmica induzida artificialmente ou através de eventos naturais, os terremotos, são empregados para entender as camadas mais profundas da Terra. Foquemos atenção nos eventos naturais, os sismos ou terremotos. Sabemos que eles ocorrem quando há o movimento relativo entre blocos de rocha em zonas de falhas geológicas. Cada vez que estes blocos se movem são geradas ondas mecânicas, os sismos, que se propagam por todo o planeta, viajam pelo interior da Terra e também atingem a superfície.

A propagação da energia mecânica pelas rochas se dá através de diferentes tipos de ondas. Essas ondas nada mais são que uma perturbação das partículas das rochas que tem como efeito a transmissão da energia. Abordaremos aqui apenas três tipos de ondas que se distinguem entre si em função do movimento relativo das partículas das rochas. A onda P ou primária é uma onda de corpo na qual as partículas vibram paralelamente à direção de propagação da onda (Figura L-1). A onda secundária, também um onda de corpo, se caracteriza pelo fato de as partículas vibrarem ortogonalmente à direção de propagação da onda (Figura L-2). Finalmente, citamos aqui a onda superficial Rayleigh (Figura L-3). Esta última se propaga ao longo de interfaces, como a superfície da Terra. É esta uma das causadoras dos grandes estragos dos terremotos pois ela, literalmente, sacode o terreno, levando ao desmoronamento de edificações.

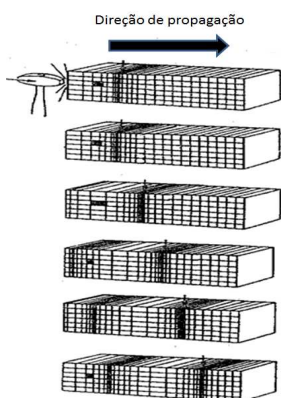


Figura L-1: Ondas Primárias

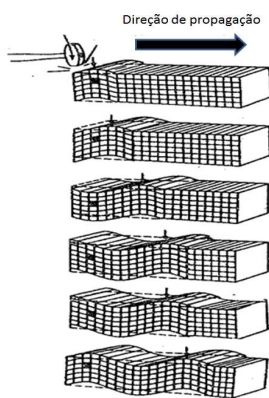


Figura L-2: Ondas secundárias

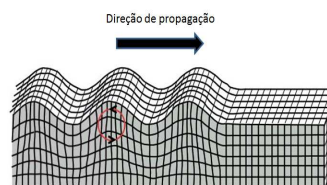


Figura L-3: Onda Rayleigh

Vejam algumas características destes três modos de onda. A onda P se propaga tanto nos meios sólidos como líquidos e, das três, é a que viaja mais rapidamente. A onda S, somente se propaga em meios sólidos, meios que oferecem resistência ao cisalhamento. Assim jamais veremos uma onda S viajando, por exemplo, na água. Finalmente, a onda superficial Rayleigh somente se propaga nas interfaces como citado e, dentre as três, é a que viaja mais lentamente e possui maiores amplitudes.



# Fala da Terra

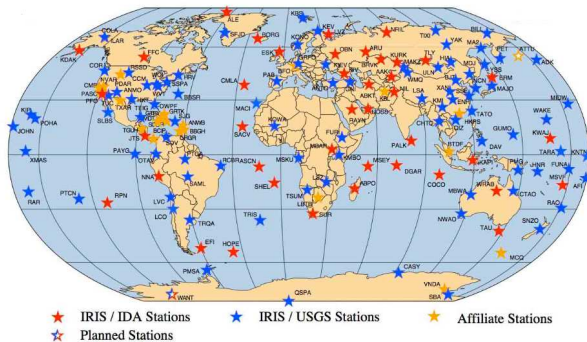


Figura L-4: Rede sismográfica mundial (modificado de <http://www.iris.edu/hq/programs/gsn>)

Adicionalmente os estudos de tomografia no planeta permitiram estimar o campo de velocidade das ondas P e S em diferentes profundidades (Figura L-5).

Ao redor do mundo existe uma rede de sismógrafos capazes de registrar estas ondas. Trata-se da rede sismográfica mundial, exibida na Figura L-4. Cada terremoto é registrado por esta rede e ao longo de décadas de observações uma série de informações já foi confirmada acerca do interior do nosso planeta. A primeira delas é a estratificação do planeta em crosta, manto, núcleo externo e núcleo interno. Em função das características de propagação das ondas de corpo foi possível estimar que as ondas S não se propagam ao longo do núcleo externo e que nesta mesma região a onda P viaja mais lentamente. Estas características levaram os cientistas a concluir que o núcleo externo encontra-se em estado líquido.

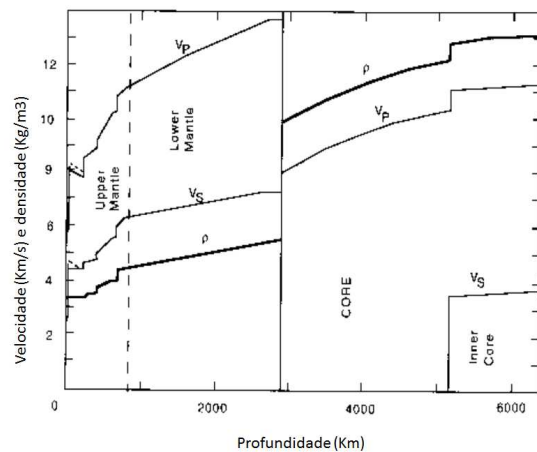


Figura L-5: Perfil de velocidade e densidade da Terra. No eixo horizontal está a profundidade e no vertical a velocidade em (km/s) e a densidade ( $\text{kg/m}^3$ )



## Fala da Terra

### ARTE DA TERRA: Geiseres de Tatio – Antofagasta (Chile)



Figura AT-1: Campo de geiseres de Tatio (fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Gêiseres\\_de\\_Tatio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Gêiseres_de_Tatio))

A água ferve a apenas 86°C, em vez dos habituais 100°C observados no nível do mar. Isso se dá pois estamos a 4200 m de altitude. E lá está El Tatio, um dos mais elevados campos de geiseres do mundo. O solo está coberto de chaminés e cones de sais cristalizados, e a única água existente é a que brota do solo. Existem 110 fontes em erupção, sendo 80 delas geiseres ativos, além de 30 jatos perpétuos. Trata-se do maior campo de geiseres do hemisfério Sul. As erupções, contudo, não chegam a atingir 1 m de altura.

Devido a riqueza de minerais precipitados no solo há uma imensa diversidade de bactérias e algas resistentes ao calor e que, sobrevivendo a este ambiente, pintam a área de vermelho e verde.

#### Referências

Bright, M., 2009 - 1001 Natural wonders you must see before you die.

<http://en.wikipedia.org/wiki>

<http://www.iris.edu/hq/programs/gsn>