

Nesta edição do Jornal Fala da Terra apresentamos as causas dos deslizamentos de terra, ou os chamados movimentos de massa, na seção dedicada a Geodinâmica. Em Recursos começamos uma série dedicada às grandes províncias produtoras de petróleo. Em Geohistória nos divertimos com um conto extraído do Livro *Baião Semita* de autoria de Ivan Simões. Em seguida, Lendo a Terra apresenta o método da eletro-resistividade. Finalmente em Arte da Terra curtimos Fernando de Noronha.

**Luiz Alberto Santos**

### GEODINÂMICA: Escorregamentos da região serrana do Rio em 2011



A seção geodinâmica dedica-se a descrição e exemplos de processos geológicos. Ultimamente temos abordado fatos relacionados à terremotos e vulcanismo ao redor do mundo. O pico dos eventos vulcânicos mais recentes ocorridos no território brasileiro é datado em não mais que 12 milhões de anos, antes da existência de nós *homo sapiens sapiens*. Terremotos observados aqui em nosso território têm origem no abatimento de dolinas e acomodação de camadas e, muito raramente, sentimos na região centro-oeste os efeitos dos sismos de origem tectônica ocorridos na cordilheira andina.

Nesta edição do Jornal Fala da Terra estaremos apresentando as causas dos escorregamentos de terra recentemente ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro. Em alguns locais do mundo, esses escorregamentos de terra ou deslizamentos são deflagrados por sismos (Ex: Alasca, Califórnia, China etc...). Não é o nosso caso.



Começamos nossa análise sob brisa marinha. Voltando da praia, pegue um pequeno balde de areia seca e despeje sobre o chão. Pensando bem é melhor você fazer isso fora de casa, talvez na própria praia, se não sua mãe vai brigar comigo. Repare que o montinho de areia forma um cone e este tem os lados, ou o talude, com inclinação aproximada de  $30^\circ$ . Esse é o ângulo de estabilidade do arranjo entre os grãos. Qualquer corte que você faça nesse pequeno monte de areia seca e que cause um ângulo maior que  $30^\circ$  fica instável, e tenderá a colapsar, buscando o equilíbrio original, os tais  $30^\circ$ . Vamos chamar este ângulo de PHI, ou ângulo de atrito interno.



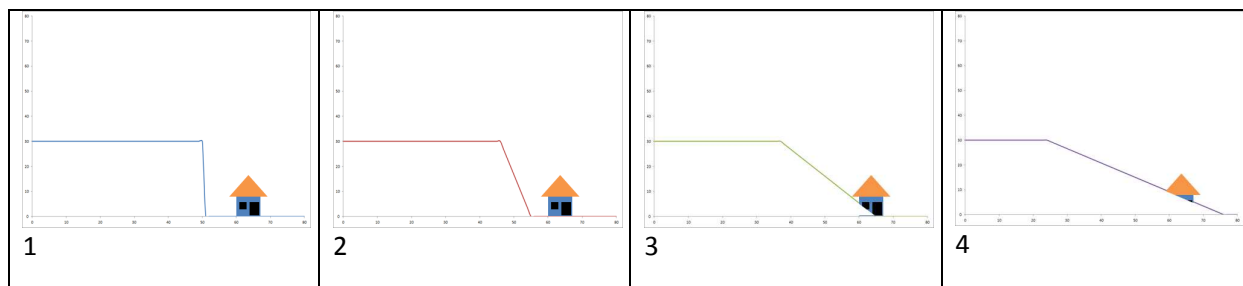
## Fala da Terra

Os maciços de sedimentos e solos têm composição variada e, portanto, possuem ângulos de estabilidade de talude (PHI) variáveis, às vezes maiores, às vezes menores que os 30° do nosso exemplo para areia seca. Um outro fator relevante para o ângulo de equilíbrio do talude é o peso da massa de terra. Um solo saturado em água é mais pesado que um solo seco. Assim, um solo saturado tende a diminuir este ângulo PHI aumentando a instabilidade do talude.

Os escorregamentos, ou chamados movimentos de massa, sempre existiram na natureza. Eles fazem parte do processo de peneplanização do relevo composto pelas variáveis erosão, transporte e deposição. Neste ciclo a rocha sofre o intemperismo, se desagrega física e quimicamente em fragmentos de tamanhos variados; os elementos ar e água transportam os sedimentos e; em algum local, uma bacia sedimentar ou uma baixada, estes sedimentos são depositados. Assim, o movimento de massa, que pode ser brusco e repentino ou contínuo e lento faz parte de um ciclo natural.

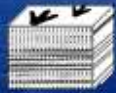
Voltemos àquele ângulo PHI que definimos acima. Se um talude não saturado em água está estável a um ângulo PHI, igual a, digamos, 30°, se ocorrer uma rápida saturação do solo, causada ainda que naturalmente, por exemplo por chuvas intensas, este ângulo de estabilidade é reduzido, e o talude pode colapsar. Este fenômeno foi observado de forma brutal e extensiva em janeiro de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro. Entre 11 e 12 de janeiro de 2011 o serviço meteorológico registrou um volume pluviométrico correspondente a toda previsão daquele mês. Em 24 horas choveu o correspondente a todo um mês. Com isso o solo encharcado e pesado colapsou em várias regiões nas cidades de Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto causando gigantescos deslizamentos soterrando ruas e edificações. Foram confirmadas 903 mortes e mais de 2960 pessoas perderam seus lares. Várias localidades ficaram isoladas, sem água potável e luz. Os prejuízos somaram mais de US\$ 1,2 bilhões.

Embora um desastre com esta proporção tenha causa principalmente natural em escala regional, localmente ocorreram acidentes influenciados pela ação antrópica. Embora, como citamos, o movimento de massas faz parte do processo de erosão, transporte e deposição, o homem pode acelerá-lo. Um corte de talude, aumenta a inclinação deste, como citamos e pode causar seu colapso se nenhuma ação preventiva for tomada para escorá-lo (vide figura abaixo).



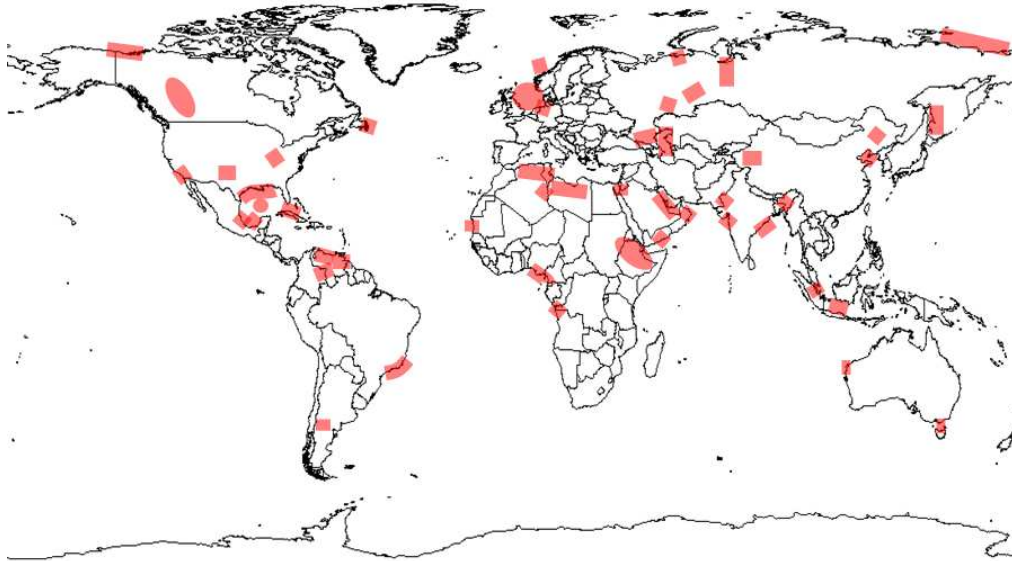
Casa próxima a talude vertical sem escoramento (1), Colapso inicial (2), progressão do colapso soterrando parcialmente a casa (3) e colapso atingindo a estabilidade soterrando quase completamente a casa (4). O processo descrito pode ocorrer lentamente ou rapidamente.

O homem também pode reduzir o ângulo de atrito interno PHI quando aumenta artificialmente a saturação do solo, por exemplo represando água em algum reservatório. Um talude antes estável, devido à maior pressão nos poros dos solo, pode se desestabilizar e deslizar a jusante causando fatalidades. Este fato já foi observado em algumas áreas no perímetro de barragens de água. Este outro fator será abordado em outra edição deste Jornal.



### RECURSOS: Grandes províncias petrolíferas

A história moderna do petróleo começa com a perfuração de um poço de não mais que 21 m de profundidade em Titusville na Pensilvânia (EUA) no ano de 1859. Atualmente são conhecidas mais de 80 províncias petrolíferas ao redor do mundo (mapa abaixo).



Uma divisão informal, e bastante simples, resume as províncias em 36, apenas baseada em critérios geográficos. São elas:

#### Oceania

- 1- Austrália leste
- 2- Austrália sudeste

#### Ásia

- 3- Mar do NE da Sibéria
- 4- Bacia de Tarim (China)
- 5- Província de Sakhalin
- 6- Províncias indianas da Baía de Bengala
- 7- Província da Caxemira
- 8- Província de Bombay
- 9- Indonésia



## Fala da Terra

### Oriente Médio

- 10- Províncias do Golfo Pérsico
- 11- Sul da Península Arábica
- 12- Províncias petrolíferas da Mesopotâmia
- 13- Províncias do Cáspio

### África

- 14- Norte da África (sistema do Mediterrâneo)
- 15- Oeste da África saariana
- 16- Oeste da África sub-sahariana
- 17- Riftes do leste africano e adjacências
- 18- Mar Vermelho ocidental

### Europa

- 19- Mar do Norte e adjacências
- 20- Mar da Noruega

### Europa Oriental

- 21- Província do Cáucaso
- 22- Províncias da Sibéria
- 23- Província dos Urais
- 24- Província da Manchúria

### América do Sul

- 25- Venezuela, Maracaibo e adjacências
- 26- Venezuela, Orinoco
- 27- Colômbia (Llanos)
- 28- Sudeste do Brasil
- 29- Argentina

### América do Norte:

- 30- Declive norte do Alasca



## Fala da Terra

- 31- Províncias do oeste do Canadá
- 32- Províncias do leste do Canadá
- 33- Províncias ao sul dos Grandes Lagos nos EUA
- 34- Centro sul dos EUA (Texas)
- 35- Oeste dos EUA (Califórnia)
- 36- Golfo do México e adjacências (inclui México, Cuba e EUA).

(continua na próxima edição).

### **GEOHISTÓRIA: Trote**

Esta seção, se subdivide em duas partes: história do planeta e estudos de casos ou causos de exploração. Nesta edição reportamos um causo de campo intitulado “O Trote” extraído do livro Baião Semita e outras histórias petroleiras de autoria do falecido Ivan Simões. Boas risadas.

Todo trote tem maldade, principalmente quando engendrado e levado a cabo por adultos. Prova-o o fato narrado a seguir, que teve lugar numa plataforma de perfuração, nos anos 80. Como autor e principalmente ator, um engenheiro casmurro de quem mais se esperavam repreensões do que brincadeiras. Como vítima, bem, nada melhor do que o engenheiro recém-saído do curso de perfuração, em seu primeiro dia de trabalho numa plataforma.

Ao meio-dia em ponto adentraram os dois no refeitório, serviram-se à vontade e se sentaram para almoçar. O estagiário, talvez, acostumado a refeições mais frugais nas pensões em Salvador (BA) em que vivera, foi logo elogiando a qualidade e a fartura da comida, ao que respondeu o mais velho:

- O chato é que cobram uma nota ...

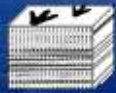
- Como ? – surpreendeu-se o novato, quase engasgado. – Não é de graça, como nos acampamentos em terra ?

- Que nada! Esta plataforma é dos “gringos”. Uma refeição como esta não deve sair por menos de 25 dólares, descontados do seu salário no fim do mês.

É supérfluo relatar que o rapaz comeu o que estava em seu prato como devem comer sua última refeição os condenados à morte. Em sua cabeça passou a funcionar uma calculadora indicando no visor que duas refeições diárias como aquela consumiriam todo o seu salário mensal.

- Mas tem uma coisa – prosseguiu o mais velho, já condoído, - o café da manhã é de graça e, à noite, só a sopa não é cobrada.

Crédulo e tímido como todo calouro deve ser, convenceu-se ele de que suas estadas na plataforma seriam verdadeiros martírios. Naquela mesma noite, ao jantar, lá foi ele duas ou três vezes servir-se de sopa e apanhar as maiores fatias de pão que coubessem em suas trêmulas mãos.



## Fala da Terra

- Você só toma sopa ? – espantou-se um rádio-operador sentado à mesma mesa ainda ignorando o trote.

O jovem levantou os olhos para o engenheiro-chefe, meio encabulado, e mentiu:

- Estou meio adoentado...

Estranha doença aquela, já que na manhã seguinte, bem cedo, lá estava o estagiário comendo uma enorme quantidade de bacon, ovos fritos, rosquinhas e tudo mais o que havia na farta mesa do desjejum. E nem podia ser de outra forma...

À noite, com o estômago roncando mais alto do que os motores da sonda, lá foi ele para o refeitório com o chefe, prosseguiu com a maldade: servindo-se de um bife enorme e succulento, que mostrou ao outro:

- Hoje é filé mignon. Não sai por menos de 30 dólares, mas eu não estou a fim de fazer economia. Como está a sua sopa ?

- Boa – respondeu o desanimado novato, voltando a pensar na tortura de passar 21 dias sorvendo aquele caldo inosso com tanta coisa apetitosa diante dos olhos.

Já àquela altura, evidentemente, estavam todos cientes do trote e eram obrigados a se conter para não rir do infeliz, cujas colheradas no prato eram atentamente observadas.

A brincadeira só acabou por interferência do enfermeiro, que tinha bom coração e não simpatizava com o autor. Chamou o rapaz a um canto, contou tudo e engendrou uma farsa para que o feitiço se voltasse contra o feiticeiro.

Preveniu a todos, já que o trote só é bom com plateia, e induziu o jovem a participar. À noitinha, quando todos já tinham tomado banho e esperavam na sala de televisão pela hora do jantar, dirigiu-se o enfermeiro ao engenheiro-chefe e, muito sério, anunciou:

- Um problema, chefe. Temos que mandar o helicóptero para remover o estagiário. Está lá na enfermaria, passando mal. Parece anemia, e não há como resolver aqui.

E lá foram todos atrás do apavorado brincalhão, para encontrar sua vítima na maca, de olhos esbugalhados, com a camisa mohada para simular suor, e respirando de modo descompassado. A reação do chefe foi muito mais assustadora do que a simulação do jovem: ficou branco, encostou-se num armário e começou a balbuciar coisas ininteligíveis, até caírem todos na mais sonora gargalhada.

Dizem que naquela noite ele não jantou e, no dia seguinte, pediu transferência para outra plataforma. Quanto à sua vítima, comeu mais do que todos juntos e ainda reclamou da comida. Entrou na cozinha e mostrou ao cozinheiro como gostava do bife.

Mal passado.

(Texto de Ivan Simões)





## Fala da Terra

### LEITURA DA TERRA: Método da resistividade



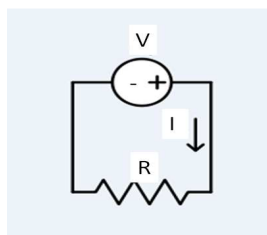
A exploração geofísica consiste em estimar as propriedades do subsolo através de medidas físicas. A todo o tempo estamos buscando uma determinada propriedade física a qual, juntamente com o auxílio de outros dados geofísicos e geológicos, permitirá deventar as características do subsolo, sua composição, estimar a concentração de algum bem mineral, determinar a quantidade e composição dos fluidos contidos no espaço poroso e, finalmente, ajudar a contar a história evolutiva de um local, seja com objetivos científicos ou visando ao aproveitamento econômico.

No método elétrico da resistividade busca-se, como o próprio nome diz, a resistividade de rochas, solos e fluidos. Esta propriedade diz respeito à resistência que os materiais oferecem à passagem de uma corrente elétrica de um ponto ao outro. Existe uma fórmula, conhecida como Lei de Ohm, em homenagem ao físico e matemático alemão Georg Simon Ohm (1789-1854), que relaciona potencial (V), corrente elétrica (I) e resistência (R) da seguinte forma:

$$V = R I$$



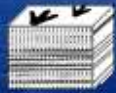
Nas aulas de física ainda no ensino médio muitos de nós ouvimos, ou irão ouvir (os mais novos), o professor empregar o seguinte método mnemônico para memorizar esta fórmula: “Quem vê ri (V=RI)!”



Neste contexto, na exploração pelo método da resistividade (ou eletro-resistividade), montamos um circuito elétrico incorporando a Terra a ele. Um circuito simples pode ser representado pela figura ao lado (com os elementos V, R e I). Nela observamos uma fonte, normalmente de corrente contínua, com uma diferença de potencial elétrico conhecida, a voltagem V, e a quantidade de corrente elétrica, I, também definida. A Terra oferecerá uma resistência R que é diretamente proporcional à propriedade que almejamos, a resistividade ( $\rho$  (rô)).

Em função de pesquisas e levantamentos eletro-resistivos em rochas e minerais já temos catalogadas estas propriedades para diversos minerais, rochas e fluidos. Assim sabemos que nos metais e a grafita a resistividade é baixa. Este conhecimento permite empregar o método da eletro-resistividade para prospecção de jazidas de alguns bens minerais metálicos e grafita.

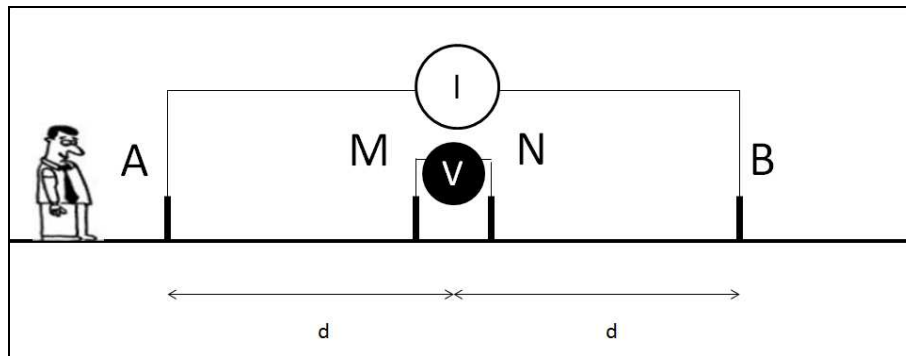
A maioria dos minerais que compõem as rochas é altamente resistiva. A resistividade nestes minerais, sobretudo os silicatos que são os principais constituintes das rochas, é tão alta que a corrente elétrica não flui através deles. Nestes



## Fala da Terra

solos e rochas a corrente flui através dos fluidos que estão preenchendo o espaço poroso. A condutividade destes fluidos está relacionada à concentração de sais que neles estão dissolvidos. Quanto mais sais, maior a quantidade de íons livres e, assim, menor a resistividade. Em função desta característica, muitas vezes é possível distinguir a água doce potável da água salobra, mais condutiva que a primeira, no subsolo.

O circuito empregado no campo faz uso de eletrodos de potencial, chamemo-os de A e B (vide figura abaixo) com polaridades opostas separados de uma distância horizontal ( $2d$ ). Sabe-se que a profundidade de investigação cresce com o afastamento ( $2d$ ) entre A e B. Um outro conjunto de eletrodos, seja M e N, com afastamento menor que  $2d$ , mede o potencial na porção média entre A e B. Há diversas configurações e arranjos para investigação elétrica do subsolo, entre elas Wenner e Schlumberger, não descritos neste texto. Em uma ou outra configuração, o caminhar dos eletrodos MN identifica as variações laterais de resistividade, enquanto os eletrodos externos AB avaliam a resistividade aparente em profundidade.



O método de eletro-resistividade possui uma pequena profundidade de investigação confinando-se a poucas centenas de metros ou menos.

### ARTE DA TERRA: Fernando de Noronha



O arquipélago de Fernando de Noronha situa-se a 545 Km da costa do Rio Grande do Norte, embora administrativamente, pertença ao estado de Pernambuco. Ele é composto por 21 ilhas vulcânicas formadas a 12 milhões de anos atrás. O edifício vulcânico que compõe o arquipélago emerge do assoalho oceânico a uma profundidade de 4200 m. Os registros geológicos datam em 20 mil anos o fim das atividades vulcânicas mais recentes na região.

Fernando de Noronha constitui um dos melhores pontos para a prática de mergulho no mundo. As águas muito claras, com visibilidade superior a 30 m, são um apelo irresistível para os amantes da observação da vida submarina. O mergulho com *aqualung* durante o dia e, sobretudo o noturno, oferecidos pelas operadoras locais proporcionam experiência ímpar.

Para aqueles que curtem o mergulho somente com *snorkel*, não deixem de visitar a Baía do Sueste. Em águas muito rasas, pode-se apreciar a rica fauna e flora aquática. Na primeira vez que fui a este ponto, em um mergulho não mais profundo que 2,0 m, nadei com tartarugas de pente, um polvo e até um curioso cação.





## Fala da Terra

Em terra há diversas caminhadas em belos pontos da Ilha de Fernando de Noronha. Para os mais dispostos, não deixem de fazer a trilha do Capim Açú.

Fernando de Noronha ...., a experiência vale mais que milhares de palavras ...

### **Referências**

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

Simões, I., 2002 – Baião semita e outras estórias petroleiras.