

ARQUITETURA DE MONTANHA

SETEMBRO-OUTUBRO DE 2017
Santo Antônio do Pinhal - SP

ESTRUTURA: Estabilidade em Encostas

Roberto Massaru Watanabe
ENGENHEIRO CIVIL
CREA 060036232/1



ARQUITETURA DE MONTANHA

Santo Antônio do Pinhal – SP
setembro-outubro de 2017

ESTRUTURA: ESTABILIDADE EM ENCOSTAS

Dia 16 de setembro de 2017

Palestrante:

Roberto Massaru Watanabe é engenheiro civil formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Turma de 1972.

Trabalhou no projeto das obras de porte da engenharia nacional como o Sistema Cantareira de Abastecimento de Água para a Grande São Paulo, a Rodovia dos Imigrantes, o Emissário Submarino de Efluentes de Santos e as Hidrelétricas de Ilha Solteira, Itaipu e Tucuruí.

Em Ilha Solteira, realizou o cálculo das tensões e deformações no maciço da Barragem de Terra da Margem Direita empregando, de forma pioneira, o Método dos Elementos Finitos com elementos tridimensionais. Pelo ineditismo à época, 1973, o trabalho foi apresentado no IX Seminário Nacional de Grandes Barragens, realizado no Rio de Janeiro.

Trabalhou no IPT, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo onde, à frente do Laboratório de Construção Civil, pesquisou casos de resistência de componentes construtivos e desenvolveu pesquisas sobre as patologias e segurança em edificações.

Realiza perícias de sinistros de desmoronamento de casas em área de encostas e situação de risco, tendo atendido centenas de casos de desmoronamento e escorregamento de taludes.

Lecionou, por quase 20 anos, Engenharia de Segurança na UNICAMP, a Universidade Estadual de Campinas.

Cópia desta apostila pode ser obtida no site www.ebanataw.com.br/cau2017 ou clicando no QR code ao lado:



SUMÁRIO:

- 1 – Introdução
- 2 – Classificação de Taludes e suas Proteções
- 3 – Obras de Segurança de Taludes
- 4 – Dificuldades no Projeto, Dimensionamento, Execução e Manutenção
 - 4.1 – Dificuldades de Projeto
 - 4.2 – Dificuldades de Cálculo – 1
 - 4.3 – Dificuldades de Cálculo – 2
 - 4.4 – Dificuldades de Execução
 - 4.5 – Dificuldades Atuais
 - 4.6 – Dificuldades em Encostas
- 5 – Entendendo a Geomorfologia da Terra
- 6 – Geomorfologias Regionais
 - 6.1 - A Geomorfologia de Santa Catarina
 - 6.2 – A Geomorfologia do Paraná
 - 6.3 – A Geomorfologia do Espírito Santo
 - 6.4 – A Geomorfologia de Minas Gerais
 - 6.5 – A Geomorfologia do Rio de Janeiro
 - 6.6 – A Geomorfologia de São Paulo
 - 6.6.1- O Oeste Homogêneo
 - 6.6.2- A Depressão Campinas
 - 6.6.3- A Serra do Mar
 - 6.6.4- A Serra da Mantiqueira
 - 6.6.5- A Formação Tremembé
 - 6.6.6- A Soleira Arujá
 - 6.6.6.1- As Falhas de Araxá
 - 6.6.6.2- As Águas de Poços de Caldas
 - 6.6.6.3- O Degrau de Arujá
 - 6.6.6.3.1- A Reversão do rio Paraitinga
 - 6.6.6.3.2- A Separação da Serra da Cantareira
 - 6.6.6.4- As Praias da Ilha Bela
- 7 – Conclusões
 - 7.1 – O Plano de Proteção da Serra do Mar 2006
 - 7.2 – Ilustrações Esquemáticas
 - 7.3 – Novas Ciências?

1 – INTRODUÇÃO

Vídeo: Deslizamento de encosta na Itália.

O estudo de estabilidade de uma encosta é complexo e requer um aprofundamento nas teorias sobre a estabilidade de taludes e nas respectivas obras de proteção.

2 – CLASSIFICAÇÃO DE TALUDES E SUAS PROTEÇÕES:

Entende-se por TALUDE qualquer superfície inclinada do terreno.



Classificação genérica de taludes:

TALUDE	NATURAL	ENCOSTA		
	ARTIFICIAL	CORTE	ARRIMO	
		ATERRO	CONTENÇÃO	
			BARRAGEM	

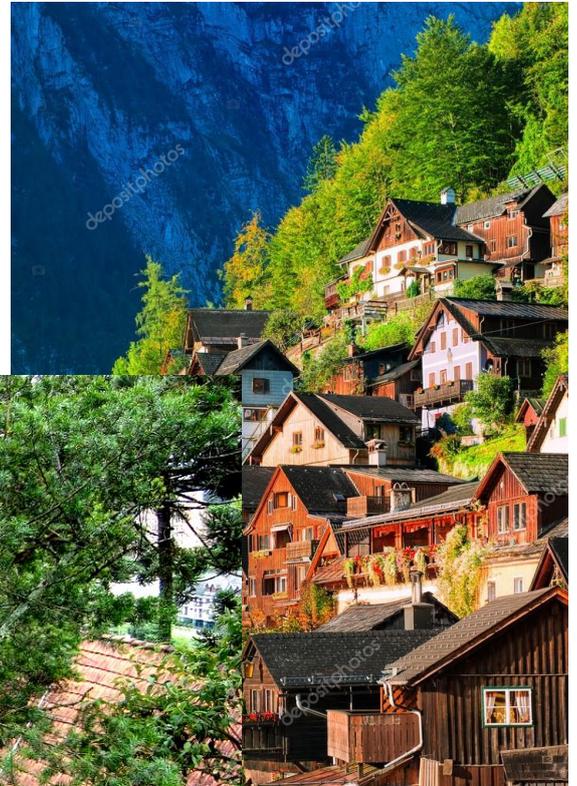
Exemplos de Encostas (talude natural):

Um talude natural (encosta de um morro) ao lado do qual foi construída uma estrada e levantado um muro de arrimo para segurar o talude contra eventual deslizamento.



Outro exemplo de Encosta:

Casas em estilo tradicional construída na encosta da montanha em Hallstatt, Áustria:



Casas em Campos do Jordão – Estado de São Paulo:



Machu Picchu, uma cidade construída na encosta do Monte Huchuy no Peru:



Plantação de arroz nas encostas de montanhas na China:



Casas escavadas nas encostas rochosas na Jordânia:



Exemplos de Talude Artificial:

O proprietário de um terreno em encosta deseja construir sua casa e para isso necessita de uma plataforma plana horizontal.



Então realiza um CORTE na parte mais alta, transportando a terra para a parte mais baixa onde realiza um ATERRO:



Deste modo, ele pode construir a sua casa em terreno plano e horizontal:

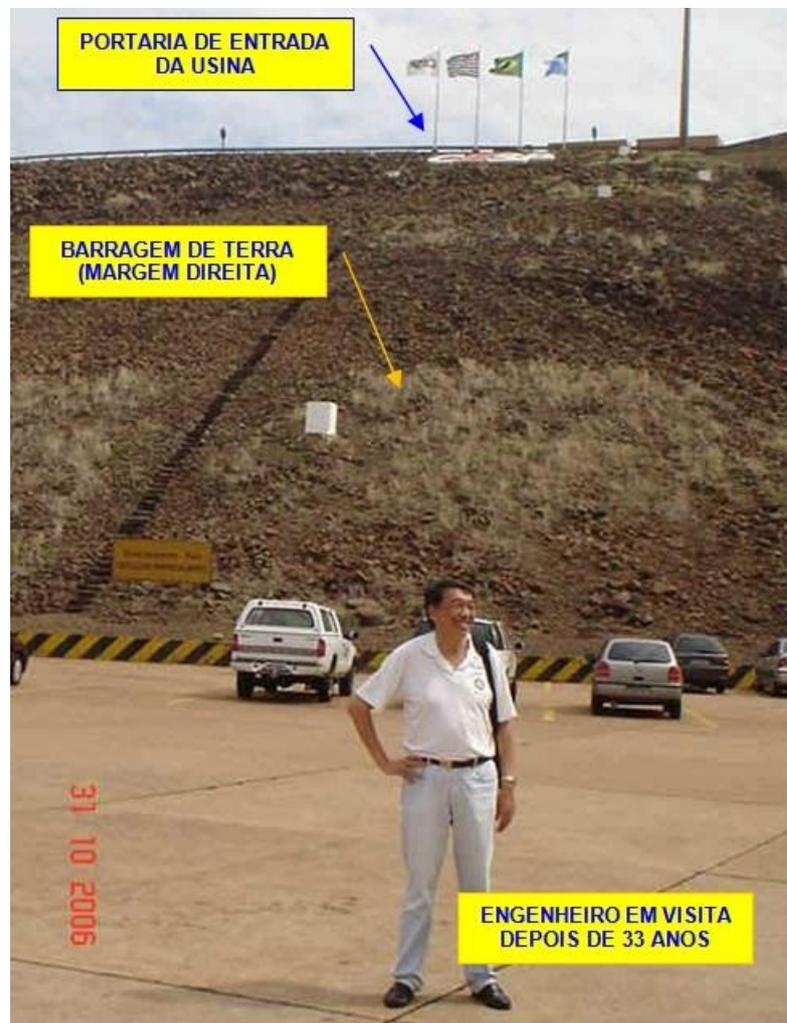


Exemplos de Barragens (de líquidos):

Para realizar a regularização das vazões de um rio, constrói-se barragens. Chama-se “perenização” pois torna perene a vazão à jusante ao longo de todo o ano, em regiões onde a vazão oscila muito ao longo do ano chegando a secar em períodos longos de estiagem.

A barragem pode ser de terra ou de concreto:



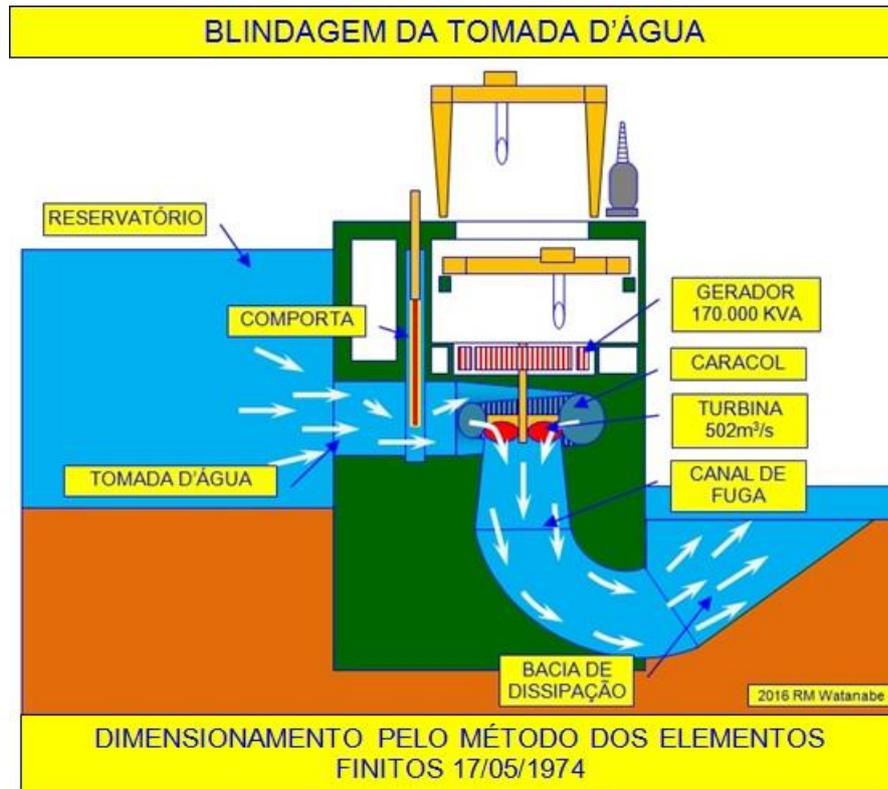


Que pode ser de concreto:



DETALHE DA COMPORTA QUE ACRESCENTA MAIS 9 METROS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO:





Exemplos de Barragens (de sólidos):

Destino final dos rejeitos da mineração, isto é, depois que o minério foi processado, o que sobrou, mais de 99%, é armazenado em reservatórios.



3 – OBRAS DE SEGURANÇA DE TALUDES:

NÃO EXISTE TALUDE ESTÁVEL

O talude é a fase intermediária entre a elevação formada pela movimentação da crosta terrestre e a formação da planície.



O avanço/recuo das eras glaciais, o movimento das geleiras, o meteorismo e o intemperismo vão quebrando e desbastando as rochas que transformadas, sucessivamente, em areias e argilas são transportadas pelas chuvas preenchendo vales e aplainando a terra.

Este processo pode demorar milhares de anos como também pode acontecer de um dia para outro.



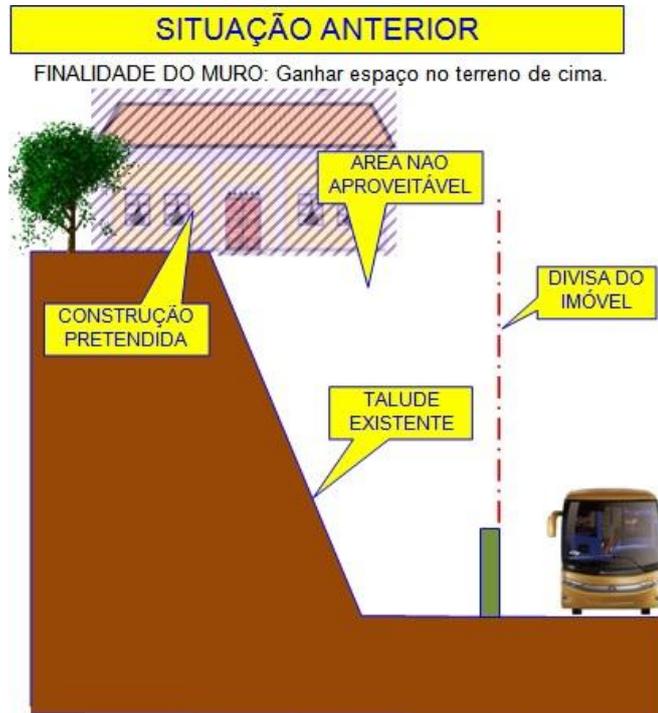


É possível prevenir? Prevenção suficiente para chegar a não construir nessas áreas? Ou haveria Obras de Contenção suficientemente projetadas e executadas?

SEGURANÇA DO TALUDE COM MURO DE CONTENÇÃO:

O Muro de Contenção é uma estrutura empregada para se ganhar terreno quando o terreno precisa ser aterrado.

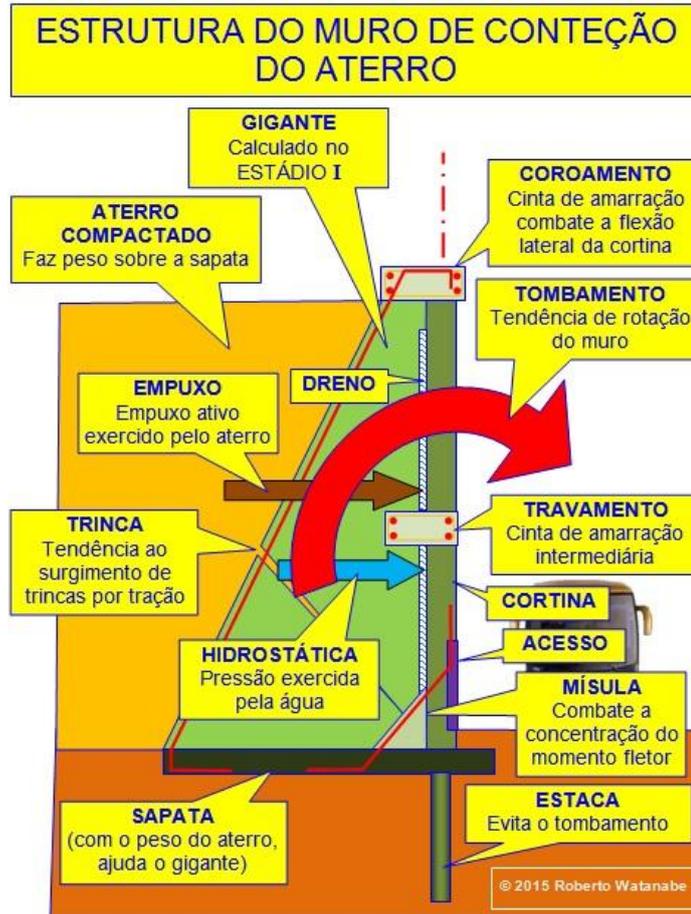
Veja as 3 situações para a construção de um muro de contenção de aterro:



Na situação seguinte, constrói-se o Muro de Contenção:



Na situação seguinte o espaço é preenchido com terra, é aterrado. Veja os esforços atuantes no muro de contenção e os componentes resistentes:



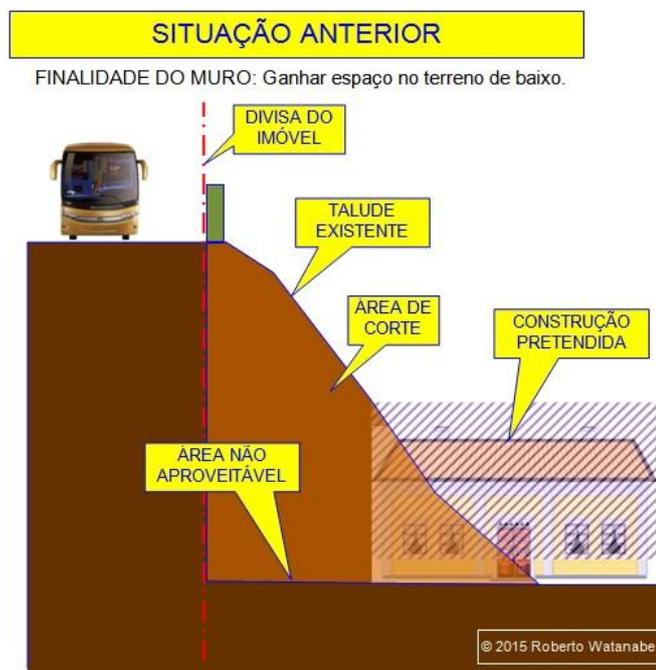
Por fim, a situação final já com a casa construída sobre o aterro contido pelo Muro de Contenção:



SEGURANÇA DO TALUDE COM MURO DE ARRIMO:

O Muro de Arrimo é uma estrutura empregada para se ganhar terreno quando o terreno precisa ser cortado. O talude (vertical) formado pelo corte precisa ser arrimado, segurado.

Veja as 3 situações para a construção de um muro de arrimo de corte:



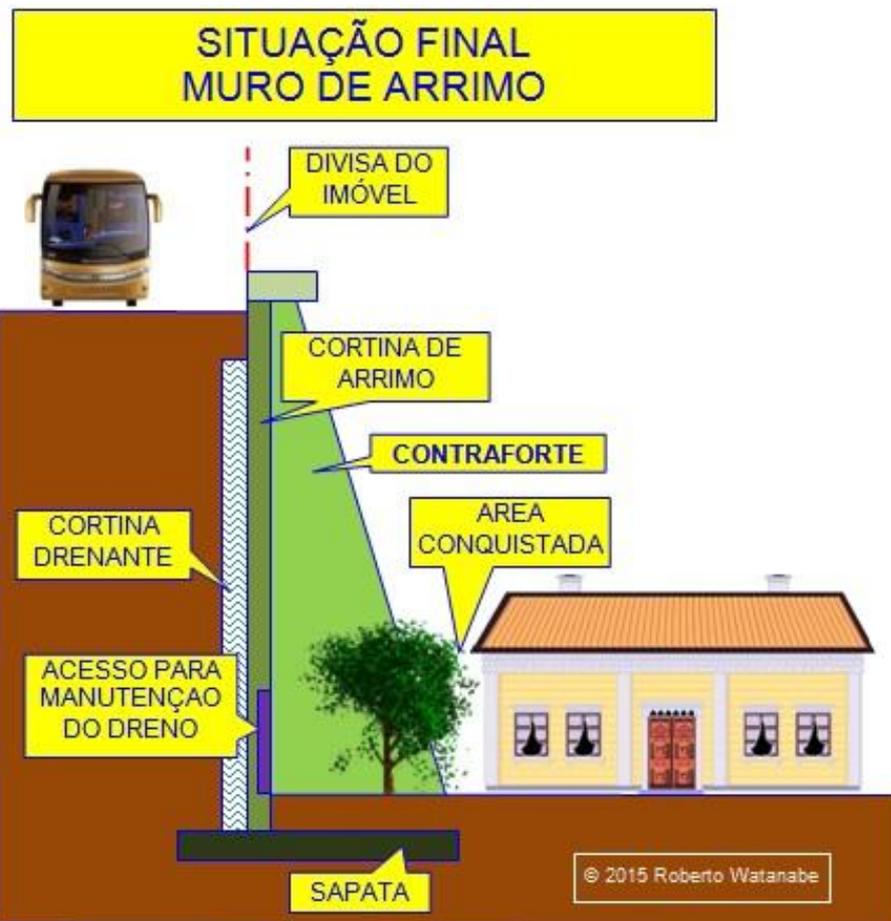
Na situação seguinte, vemos a idealização da ocupação do terreno com a construção da casa:



Veja os esforços atuantes e os componentes resistentes em um Muro de Arrimo:



Por fim, veja como ficou a construção da casa:



4 – DIFICULDADES:

Quais são as dificuldades que encontramos no Projeto, no Dimensionamento e na Construção de estruturas de segurança de taludes?

4.1 – DIFICULDADES DE PROJETO:

Em solo urbano os terrenos, divididos em lotes, possuem “proprietários” cada qual com seus “direitos” assegurados em LEIS.

Nem todas as escolas que formam os profissionais da construção (Arquitetura, Engenharia e Técnicos de Edificações) detalham, o suficiente, estas questões relacionadas com o *Direito de Vizinhança*.

Analisando apenas a Lei Federal 10.406 de 10 de janeiro de 2002 mais conhecida como Código Civil, trazemos à luz os seguintes tópicos e respectivos artigos:

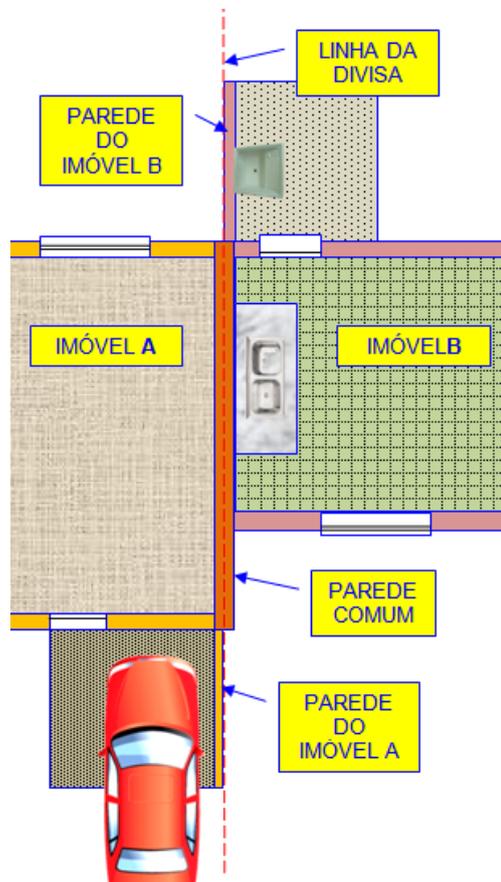
Direito de Vizinhança à luz do Código Civil

(lei [LEI Nº 10.406, DE 10 DE JANEIRO DE 2002.](#))

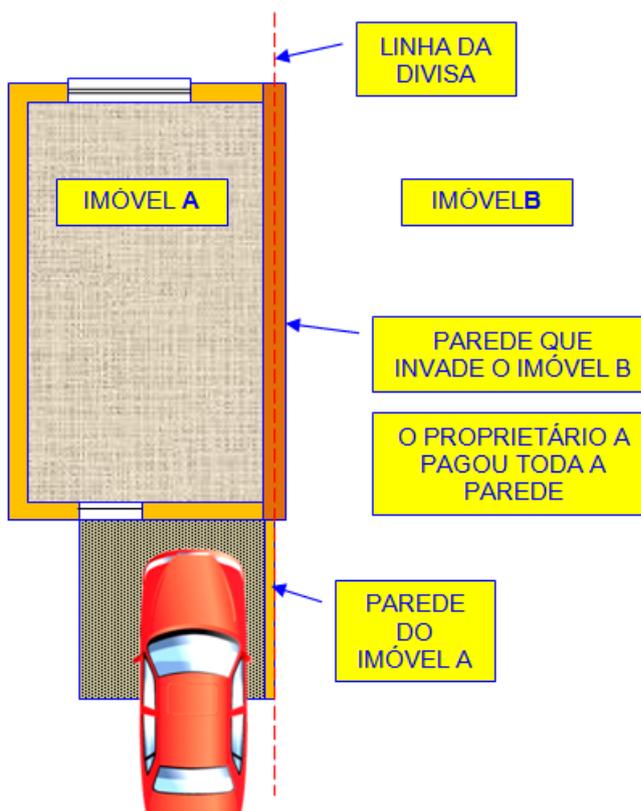
Casas podem ser construídas umas grudadas nas outras, salvo regulamento municipal ao contrário.



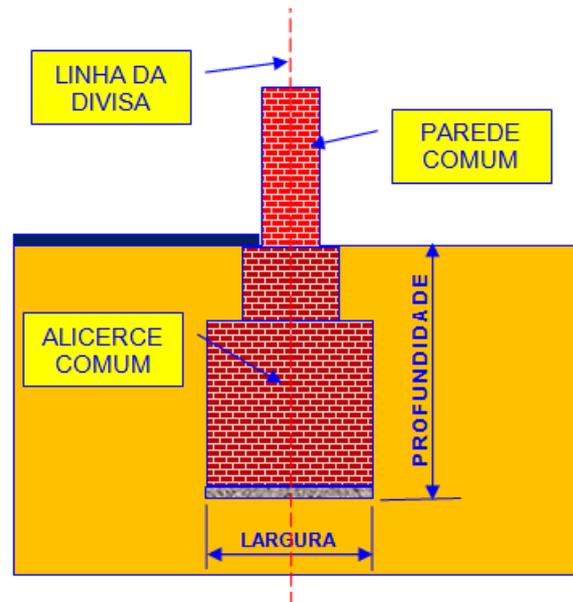
Casas geminadas podem compartilhar partes da estrutura, como por exemplo, a parede divisória. Neste caso, a parede pode ser única e pode ser construída bem no alinhamento da divisa do terreno, ficando cada uma das metades dentro dos respectivos imóveis. Cada um dos proprietários vizinhos será dono de metade da parede.



Art. 1.305. O confinante, que primeiro construir, pode assentar a parede divisória até meia espessura no terreno contíguo, sem perder por isso o direito a haver meio valor dela se o vizinho a travejar, caso em que o primeiro fixará a largura e a profundidade do alicerce.



O Vizinho B resolveu construir e deseja aproveitar a parede já existente como parte da estrutura da sua casa. Neste caso o Vizinho A tem o direito de receber metade do valor gasto na construção da parede comum. Neste caso, além de receber metade do que gastou, o Vizinho A deve fixar a largura e a profundidade do alicerce.



Se o Vizinho B não quiser aproveitar a parede existente então não terá que pagar nada.

Caso a parede comum não tenha capacidade de suportar a nova construção (o Vizinho B vai querer construir um sobrado de modo que a parede comum feita para uma casa térrea não suportará o peso do sobrado) o Vizinho B pode querer reforçar o alicerce. Neste caso, o Vizinho B terá que prestar caução ao Vizinho A.

Parágrafo único. Se a parede divisória pertencer a um dos vizinhos, e não tiver capacidade para ser travejada pelo outro, não poderá este fazer-lhe alicerce ao pé sem prestar caução àquele, pelo risco a que expõe a construção anterior.

A caução é uma garantia que o Vizinho B dá ao Vizinho A para, caso aconteça algum dano, durante a construção, à parede comum e também à casa que usa a parede comum como estrutura, o Vizinho A possa consertar o estrago às expensas do Vizinho B. Geralmente, a caução é um valor em dinheiro que fica depositado na conta bancária do Vizinho A. Não sendo constatado nenhum dano à casa do Vizinho A até terminar a construção, o dinheiro é devolvido ao Vizinho B.

Caso a parede comum existente tenha capacidade para suportar a parede do sobrado, o alteamento da parede acima (pavimento superior) deverá ser toda custeada pelo Vizinho B. Pode o Vizinho B entrar em acordo com o Vizinho A e dividir os custos, caso em que o Vizinho A passará a ter direito sobre esta nova parede.

Art. 1.307. Qualquer dos confinantes pode altear a parede divisória, se necessário reconstruindo-a, para suportar o alteamento; arcará com todas as despesas, inclusive de conservação, ou com metade, se o vizinho adquirir meação também na parte aumentada.

Caso o Vizinho B pretenda embutir caixas, quadros e armários na parede comum, deverá avisar o Vizinho A.

Art. 1.306. O condômino da parede-meia pode utilizá-la até ao meio da espessura, não pondo em risco a segurança ou a separação dos dois prédios, e avisando previamente o outro condômino das obras que alí tenciona fazer; não pode sem consentimento do outro, fazer, na parede-meia, armários, ou obras semelhantes, correspondendo a outras, da mesma natureza, já feitas do lado oposto.



Caso, o Vizinho B venha a utilizar a parede comum sem avisar o Vizinho A ou empregar uma técnica que comprometa a segurança da parede comum, o Vizinho B deverá demolir o que construiu e consertar os danos causados.

Com base no Art. 1.306: "Muro divisório. Construção clandestina de varanda e abrigo para auto com utilização de técnica inadequada ao apoiar as vigas de sustentação no muro limístrofe. Comprovação por prova pericial que a obra foi erigida no alinhamento das paredes da residência dos autores. Demolitória procedente com a consequente reconstrução do muro divisório onde antes estava".

DIREITO DE VIZINHANÇA EM PRÉDIOS DE APARTAMENTOS

Como curiosidade, tecemos alguns comentários sobre a divisa de imóvel no caso de apartamentos em prédios.

O Código Civil não faz referência específica sobre a Divisa Vertical mas podemos estender o disposto acima também para esta situação.

Quando os Vizinhos Verticais são separados por laje de concreto, podemos entender como Linha Divisória o plano horizontal que passa pelo meio da espessura da laje:



Divisa SEGURA, propicia isolamento acústico, térmico, visual e hídrico (se ocorrer um vazamento, a água será drenada pelo ralo de drenagem do enchimento e não passará para o apartamento de baixo).

No caso do piso da área molhada (banheiro, cozinha ou lavanderia) não ser do tipo Alteado mas sim do tipo Rebaixado a linha divisória passa pelo meio da espessura das lajes:



Divisa SEGURA, propicia isolamento acústico, térmico, visual e hídrico (se ocorrer um vazamento, a água será drenada pelo ralo de drenagem do enchimento e não passará para o apartamento de baixo).

E, como fica o caso quando a tubulação do esgoto do apartamento de cima passa pela laje e corre sob o teto do apartamento de baixo?



Divisa FRÁGIL, não propicia isolamento acústico (ouve-se no apartamento de baixo o ruído do esgoto fluindo), nem térmico, nem visual, nem hídrica pois caso ocorra um vazamento, a água jorra no apartamento de baixo.

O correto é ter um Forro do tipo Removível e a linha divisória correr pelo meio das placas do forro:



Divisa FRÁGIL pois ocorrendo um vazamento, a água jorra no apartamento de baixo.

Neste caso, qualquer manutenção das instalações do esgoto só poderá ser feita pelo lado do apartamento de baixo. O artigo 1.313 dá direito ao apartamento de cima entrar no apartamento de baixo para fazer a manutenção.

Art. 1.313. O proprietário ou ocupante do imóvel é obrigado a tolerar que o vizinho entre no prédio, mediante prévio aviso, para:

§1º - casos de limpeza ou reparação de esgotos, goteiras, aparelhos higiênicos, poços e nascentes e ao aparo de cerca viva.

§2º - caso a entrada acima produzir danos o prejudicado terá direito a ressarcimento.

No caso, tendo forro de gesso, o acesso às instalações de esgoto só será possível com a quebra ou demolição parcial do forro de gesso. Então o Vizinho de Cima deve restaurar o forro.

Na situação em que o apartamento de cima desejar, por exemplo, trocar o piso, ele deve comunicar essa intenção ao apartamento de baixo e tomar as providências para que, no caso de algum vazamento acidental de água ou de esgoto as águas não venham a infiltrar e vazar para o apartamento de baixo:

Art. 1.311. Não é permitida a execução de qualquer obra ou serviço suscetível de provocar desmoronamento ou deslocação de terra, ou que comprometa a segurança do prédio vizinho, senão após haverem sido feitas as obras acautelatórias.

Obras acautelatórias podem ser:

- 1 – Uma lona plástica resistente sob o forro para que eventual vazamento que tenha infiltrado pela laje não venha a sujar e contaminar o banheiro de baixo;
- 2 – Desligar o registro geral da rede hidráulica do apartamento de cima;

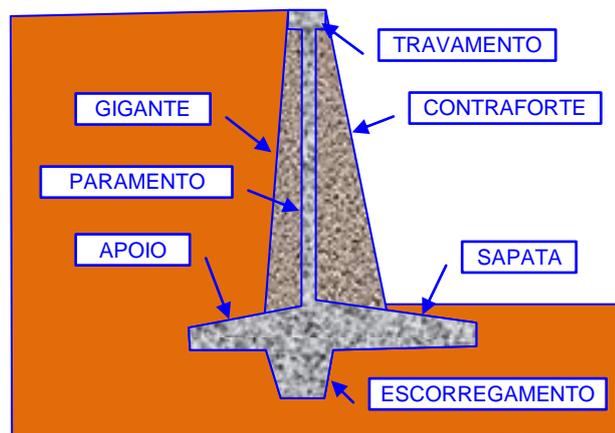
3 – Combinar com o apartamento de baixo deles usarem outro banheiro enquanto durar a reforma do banheiro de cima.

Mesmo tomando todos os cuidados possíveis, algum dano ao vizinho pode acontecer. Então o vizinho causador não pode alegar que “*tomei todos os cuidados possíveis*” e tentar se esquivar de indenizações:

Art. 1.311. Não é permitida a execução de qualquer obra ou serviço suscetível de provocar desmoronamento ou deslocação de terra, ou que comprometa a segurança do prédio vizinho, senão após haverem sido feitas as obras acautelatórias.

Parágrafo único. O proprietário do prédio vizinho tem direito a ressarcimento pelos prejuízos que sofrer, não obstante haverem sido realizadas as obras acautelatórias.

Uma falha que quase todas as considerações teóricas apresentam é a concepção do componente de segurança que possui, em geral, a seguinte geometria:



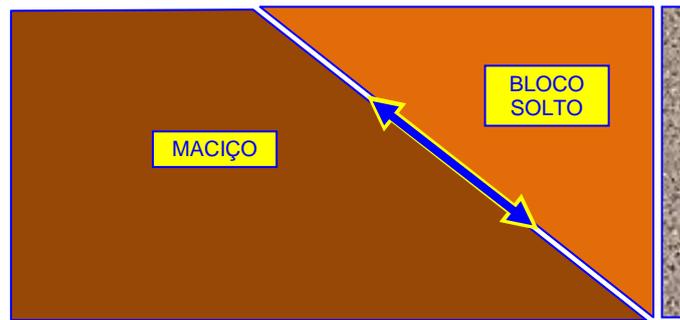
Esta concepção é boa e serve bem quando o talude está localizado em área, tanto o lado de cima como o lado de baixo, de um único proprietário.

Porém em áreas urbanas, os taludes costumam ser localizados no alinhamento da divisa do terreno e, pelo Direito de Vizinhança, todo o conjunto do muro, seja ele de contenção ou de arrimo, deve ficar inteiramente dentro dos limites de quem constrói.

4.2 – DIFICULDADES DE CÁLCULO - 1:

Para a análise das tensões e deformações que atuam no seio do maciço da Encosta, a engenharia oferece um conjunto bem amplo de métodos de cálculo, alguns mais simples e rápidos e outros mais complexos e que requer uma maior atenção e experiência.

Os métodos mais simples fazem simplificações grosseiras como considerar que o maciço é formado por um material homogêneo e de propriedades físicas e comportamentais bem conhecidos como a Teoria de Coulomb que é baseada na hipótese de um bloco de terra do maciço do talude desliza por falta de atrito.



O Peso do Bloco Solto faz o bloco deslizar pela superfície de deslizamento por falta de atrito entre o bloco solto e o maciço. O muro de segurança tem a função de aplicar uma força que vai equilibrar o peso.

A fórmula que fornece o valor dessa força, chamada de EMPUXO, é função de uma série de parâmetros como a coesão do solo, o coeficiente de atrito da terra contra o muro, o ângulo de rugosidade do muro, o coeficiente de atrito interno da terra e outros parâmetros geométricos do muro e do terreno.

Os métodos mais simples têm demonstrado falhas e muitos desastres têm acontecido causando grandes prejuízos.

4.3 – DIFICULDADES DE CÁLCULO - 2:

Os métodos mais precisos, mais realísticos e mais confiáveis são de manuseio complexo e requerem expertises em outras disciplinas como a ciência da computação.

É o caso do **Método dos Elementos Finitos**, hoje largamente empregado mas que nos primórdios do seu surgimento suscitaram dúvidas que exigiram a realização de estudos paralelos para a sua completa compreensão e confiabilidade.

Sem aprofundar muito no método mas para apresentar os aspectos mais relevantes, relato uma experiência prática realizada nos idos de 1972, portanto há 45 anos, quando tivemos a oportunidade de realizar a análise da estabilidade dos taludes da barragem de terra de Ilha Solteira.

A possibilidade de fragmentar grandes maciços em pequenos elementos e determinar as deformações provocadas pela ação de tensões foi detalhada por Edward Wilson da Universidade da Califórnia, EUA.

DIFICULDADE PRIMÁRIA

O Método dos Elementos Finitos, quando se deseja um bom refinamento da malha, requer a inversão de uma enorme matriz de números exigindo o emprego de computadores para a sua inversão.

Os computadores disponibilizados pela tecnologia podem ser de Arquitetura Analógica ou de Arquitetura Digital.

No computador analógico, quantidades como 1/3 de 10 são entendidas como elas são e ao dividirmos e multiplicarmos tais quantidades teremos de volta o número 10, íntegro como na origem, isto é, $10 = 1/3 \ 10 \times 3$.

Os computadores digitais operam com dígitos e a quantidade de dígitos que o computador aloca para o número depende da configuração que o software básico aloca para cada número. Assim, como simples exemplo didático, se o computador alocar 2 dígitos para cada número, a quantidade de 1/3 de 10 é entendida como 3,3 e ao multiplicarmos de volta teremos o número 9,9. Na sequência, dividindo este resultado por 2 teremos o número 4,9 que por sua vez retorna ao número 9,8. Como vêem, em apenas 4 operações aritméticas, o número 10 perdeu 2% de seu valor.

Veja o que acontece com as CORES em um computador digital.

No computador digital as cores não são representados como elas são na natureza.

No computador digital as cores são representadas por uma combinação de 3 dígitos conhecidos como:

R	G	B
---	---	---

Que são as iniciais das palavras Red, Green e Blue da língua inglesa que traduzidas para o português significam Vermelho, Verde e Azul.

Um determinado tom de azul tem a seguinte aparência:

	24	69	171
---	----	----	-----

Que é o resultado da combinação da pigmentação vermelha na intensidade 24, da verde na 69 e azul na intensidade 171.

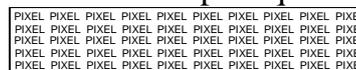
Se o artista, sensível, desejar essa mesma cor com um pouco menos pigmentos de azul, o computador vai apresentar:

	24	69	170
---	----	----	-----

Nós não conseguimos diferenciar esses azuis com essa pequena diferença de tons:

	24	69	171
	24	69	170

Examinando com uma lupa o que acontece no nível micrométrico:

	24	69	171
---	----	----	-----

O artista, sensível, vai insistir que “*agora ficou com azul de menos*”. Nós não percebemos a diferença, mas ele sim.

O computador digital não consegue reproduzir uma cor intermediária entre esses dois tons de azuis pois o tom ou é 171 ou é 170. Essa dificuldade se

aplica a um computador digital que opera com BYTES de 8 BITS onde a faixa de variação de números vai de 0 (zero) a 255.

Uma das formas de tirar vantagem dessa “incapacidade” do computador digital pode ser encontrada na identificação de autoria de um desenho. Por exemplo, sobre um fundo azul 24-69-171 escrevemos o nome em tom 24-69-170:

	24	69	171
WATANABE	24	69	170

Que, juntados fica:



Imperceptível para um olho não treinado. Ninguém diria que nesse retângulo azul tem alguma coisa escrita.

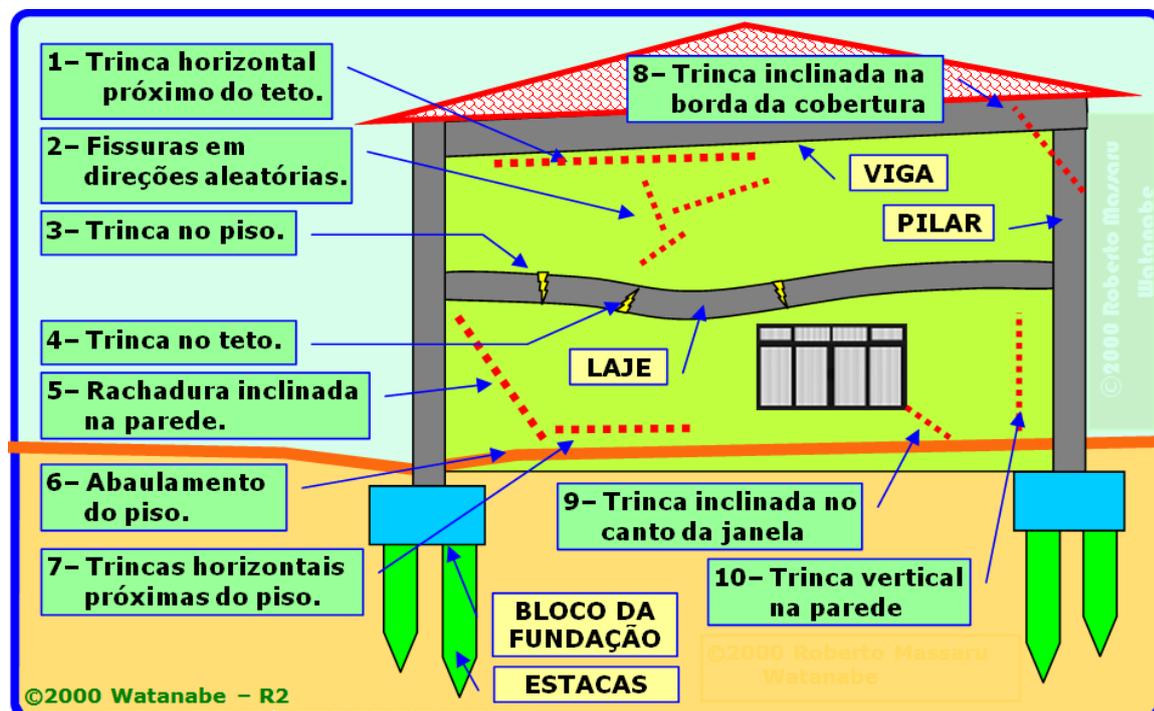
Mas, ao transportar esse retângulo para o PAINT, por exemplo e pedir que o editor preencha uma das partes com outra cor, amarelo por exemplo, irá aparecer a seguinte imagem:



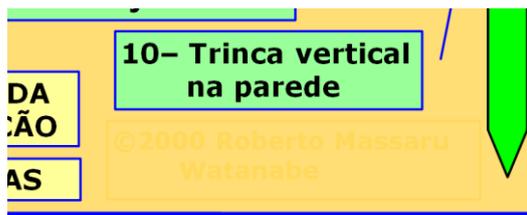
Ou, dependendo do lugar que pedimos para preencher:



Deste modo, uma das figuras bastante pirateadas na INTERNET que é a que ilustra o site www.ebanataw.com.br/trincas/ onde aparece, no canto inferior esquerdo, a identificação de COPYRIGHT como sendo a identificação da autoria na verdade não é a ÚNICA identificação presente no desenho.



Os piratas, ao copiarem ilegalmente a figura, “apagam” a identificação de copyright achando que, com essa simples ação, eliminou a marca da origem do desenho, mas não sabem que existem várias outras marcas identificadoras da autoria, dentro e fora do desenho. Veja uma dessas outras marcas:



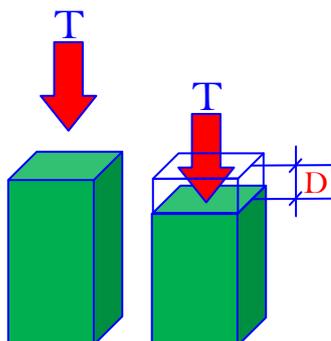
O espaço sob o retângulo do item 10, ao ser transportado para o PAINT e o espaço do fundo ser preenchido com outra cor, o vermelho por exemplo, vai mostrar o seguinte:



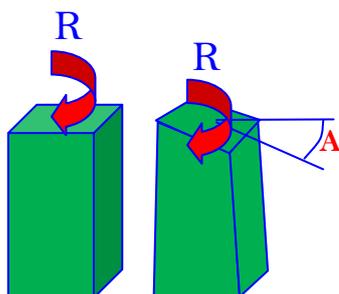
O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

A concepção básica do **Método dos Elementos Finitos** considera que um elemento quando submetido a uma tensão **T** sofre uma deformação **D** e o valor dessa deformação depende de uma constante **K** própria de cada material.

$$T = K \cdot D$$



Além da tensão axial, o elemento pode também ser submetido a uma tensão rotacional **R**.



e, conseqüentemente, vai sofrer uma deformação angular **A**.

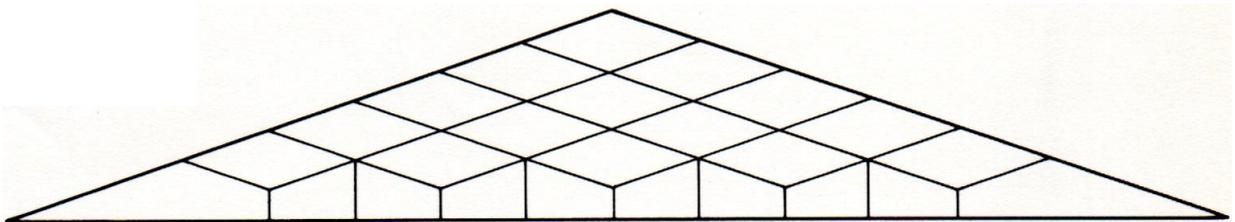
Como trabalhamos no sistema ortogonal cartesiano XYZ, a decomposição dessas tensões resulta em 6 componentes T_X , T_Y , T_Z , R_X , R_Y e R_Z que ao ser aplicado em um ponto do elemento irá produzir as deformações D_X , D_Y , D_Z , A_X , A_Y e A_Z .

Todas essas tensões e deformações podem ser relacionadas numa matriz seguindo a equação básica $\mathbf{T} = \mathbf{K} \cdot \mathbf{D}$

T_X	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}	K_{16}	D_X
T_Y	K_{21}	K_{22}	K_{23}	K_{24}	K_{25}	K_{26}	D_Y
T_Z	K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{35}	K_{36}	D_Z
R_X	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{44}	K_{45}	K_{46}	A_X
R_Y	K_{51}	K_{52}	K_{53}	K_{54}	K_{55}	K_{56}	A_Y
R_Z	K_{61}	K_{62}	K_{63}	K_{64}	K_{65}	K_{66}	A_Z

Deste modo, conhecendo-se as características do material e as tensões atuantes podemos calcular as respectivas deformações. Também podemos fazer o cálculo inverso, dadas as deformações podemos calcular as tensões.

Se você tiver uma barragem de um reservatório de água e desejando determinar as tensões e as deformações no seio do maciço pelo Método dos Elementos Finitos, devemos “discretizar”, isto é, dividir o corpo da barragem em elementos discretos como a seguir:



Neste caso teremos um total de 37 nós onde podemos aplicar tensões e calcular as deformações, isto é, 222 tensões e 222 deformações.

A montagem da matriz resulta num sistema de equações composto por 222 equações e 222 incógnitas.

Quando resolvemos, em 1972, calcular a Barragem de Terra da Margem Direita do reservatório de Ilha Solteira por meio de computador, não tínhamos referência sobre a Propagação de Erros que é produzida em computador digital. Procuramos “paper” pelo mundo mas não encontramos nada. Também não tínhamos, na época, ferramentas facilitadoras como a Internet e o Google.

Depois, em contato com o pesquisador e professor Edward Wilson, da Universidade da Califórnia em Berkeley, descobrimos que o método tinha tido apenas um desenvolvimento acadêmico e nunca havia sido aplicado de forma prática. O professor ficou tão empolgado com a possibilidade de uma aplicação real que cedeu-nos o programa (software) que ele havia

desenvolvido em linguagem FORTRAN II enviando pelo correios a fita magnética com a gravação do programa fonte.

Nos primeiros testes, desconfiamos que a Propagação de Erros poderia ocorrer de forma diferente conforme a forma dos elementos, isto é, se são excessivamente alongados, se discretizarmos com elementos de formas muito diferentes, se discretizarmos a estrutura simétrica de forma assimétrica, se colocarmos lado a lado elementos de dimensões muito diferentes e finalmente o grau de refinamento da rede.

Segundo Terzaghi (1950) as causas de instabilização de taludes podem ser externas e internas. As externas causam o aumento nas tensões de cisalhamento ao longo da superfície potencial de ruptura enquanto que as internas provocam a diminuição da resistência ao cisalhamento do solo.

No caso das ENCOSTAS brasileiras que possuem geomorfismo bastante diferentes do que encontramos nas demais Américas, na Ásia e mais diferentes do que ocorre na Europa, Augusto Filho & Virgilli (1998) fizeram uma avaliação dos fatores condicionantes dos escorregamentos concluindo que os principais condicionantes nas Encostas Brasileiras são os seguintes:

1. Características climáticas com destaque para o regime pluviométrico;
2. Características e distribuição dos materiais que compõem o substrato das Encostas, abrangendo solos, rochas, depósitos e estruturas geológicas (xistosidade, fraturas, etc.);
3. Características geomorfológicas, com destaque para a inclinação, amplitude e forma do perfil geométrico das Encostas;
4. Regime de águas de superfície e sub-superfície;
5. Características de uso e ocupação, incluindo cobertura vegetal e as diferentes formas de intervenção anisotrópica das Encostas, como cortes, aterros, concentração de água pluvial, etc.

Métodos como o de Equilíbrio Limite permitem análises mais simples e mais rápidas porém é importante análises mais precisas como pelo Método dos Elementos Finitos principalmente para casos em que trabalhamos com materiais anisotrópicos e heterogêneos, cujas propriedades físicas e mecânicas mudam com o tempo.

Esta consideração é muito importante nos casos das Encostas das serras que ladeiam o Vale do rio Paraíba que se encontram, ainda, em pleno processo de metamorfose.

É difícil para os métodos de cálculo diferenciar situações como o comportamento diferente entre um talude de corte e outro de aterro pois a maioria se baseia na suposição de que a ruptura do talude é um fenômeno instantâneo que ocorre abruptamente e simultaneamente ao longo de todo o comprimento da superfície de deslizamento. Eventos como os deslizamentos que ocorreram na década de 70 na Serra do Mar na região de Caraguatatuba são de difícil previsão, como veremos mais adiante.

Outros estudos como os levados a efeito por Duncan (1996) faz um apanhado geral comparando métodos como o de Estados Limites com análises por Elementos Finitos.

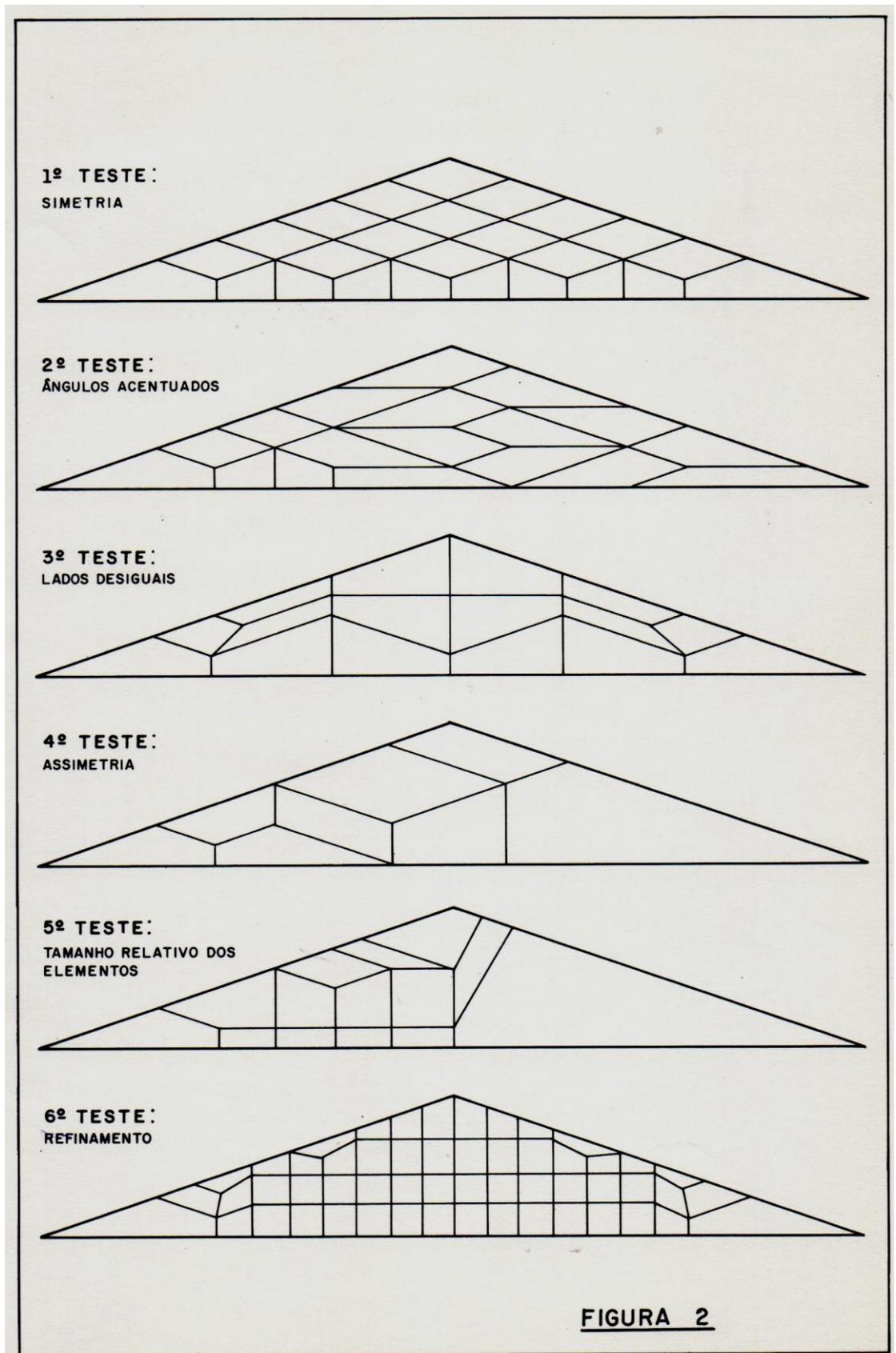
Outra consideração também importante é com relação aos estados da matéria. Os métodos mais simples consideram sempre Estado Elástico o que não ocorre na realidade das Encostas que, sendo formada pela ação da natureza, embute no processo progressivo fraturas e fragmentações que transcendem não somente o Estado Elástico como também o Estado Plástico complicando, exponencialmente, os estudos de estabilidade.

Tais dificuldades “caem como uma luva” para os casos de Estabilidade nas Encostas da Serra da Mantiqueira, objeto do Seminário Arquitetura de Montanha onde, como vimos, um afloramento rochoso próximo à entrada do túnel na SP-123 mostra a complexa formação geológica com granito (600 milhões de anos) misturados com gnaiss (300 milhões) e rocha sedimentar (40 milhões) e sedimentos depositados no falhamento, inclusive orgânicos, mais recentes.



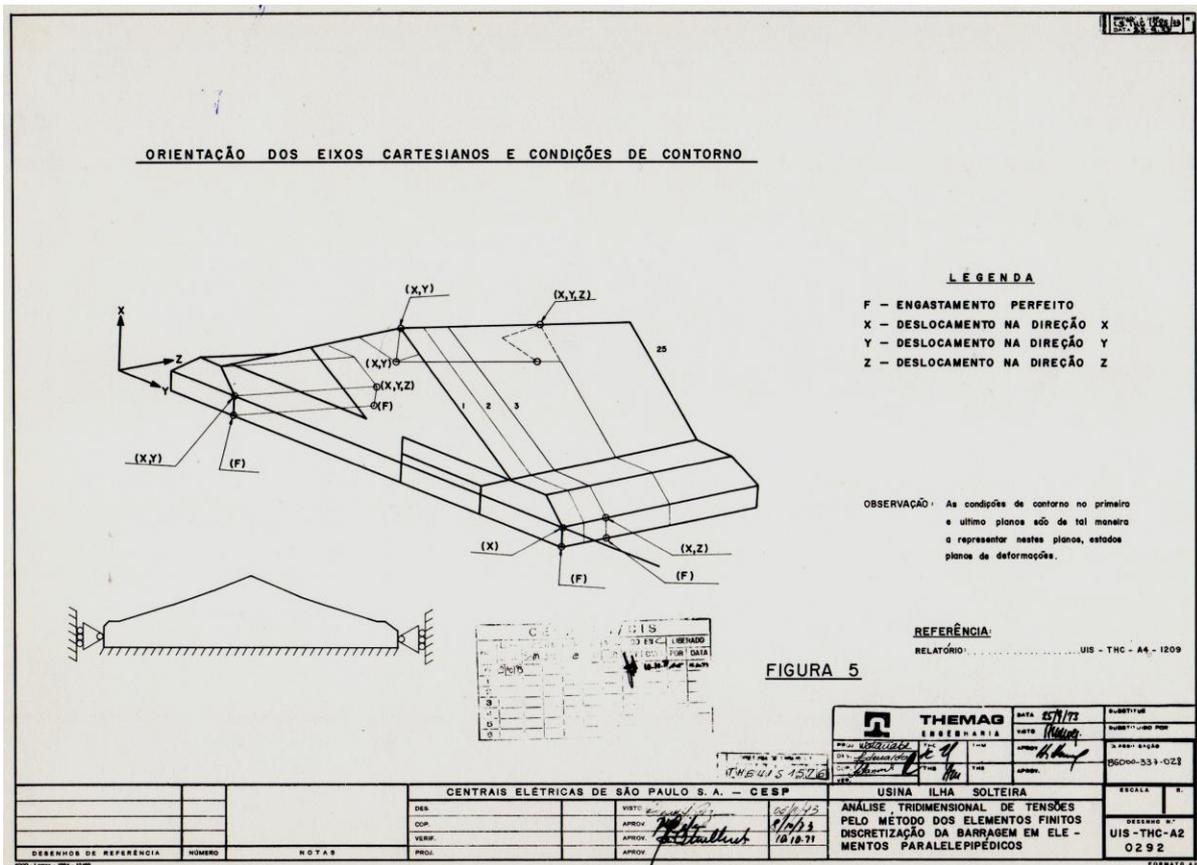
Não custa lembrar que os Aplicativos disponíveis na atualidade são, na maioria, desenvolvidos por profissionais de outras culturas geológicas que não conhecem o comportamento de *solos tropicais*, como o nosso, de modo que é necessário uma avaliação preliminar das condições de contorno consideradas na elaboração do software.

Voltando a 1972, dos testes que realizamos foram elencados aqueles mais representativos e que fazem parte do trabalho.

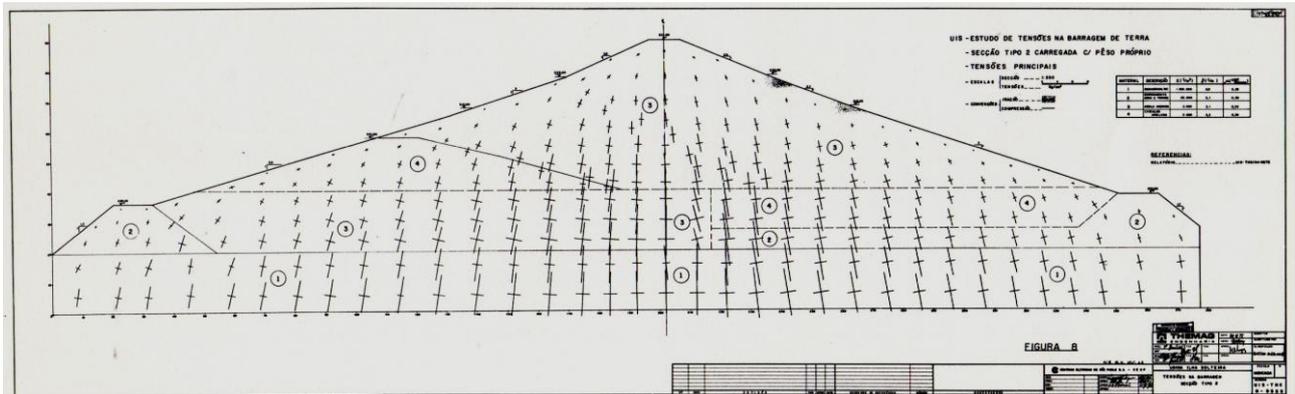


Concluídos os testes de propagação de erros, passamos à etapa seguinte de discretização em elementos tridimensionais, outro pioneirismo pois não havia referência da influência do coeficiente de Poisson.

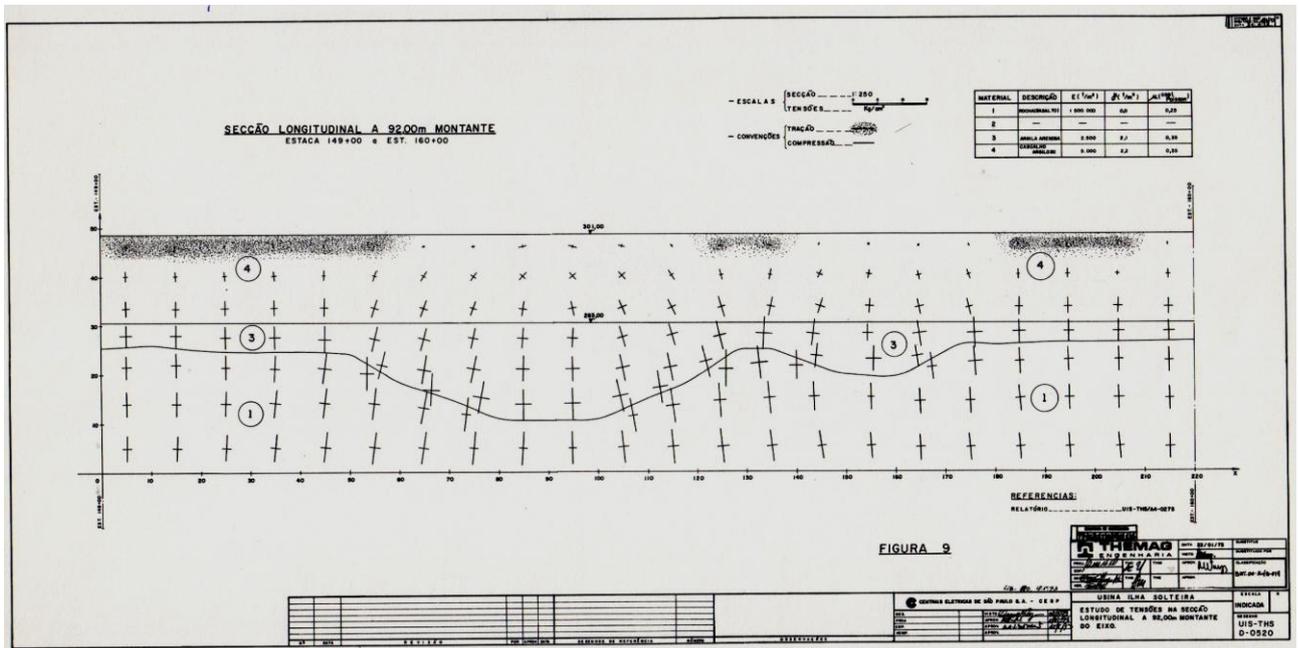
Veja a diretriz da discretização com as condições de contorno:



Os resultados numéricos foram, então representados na seção transversal por meio de traços com o comprimento representando o valor da tensão e com inclinações representando a direção:

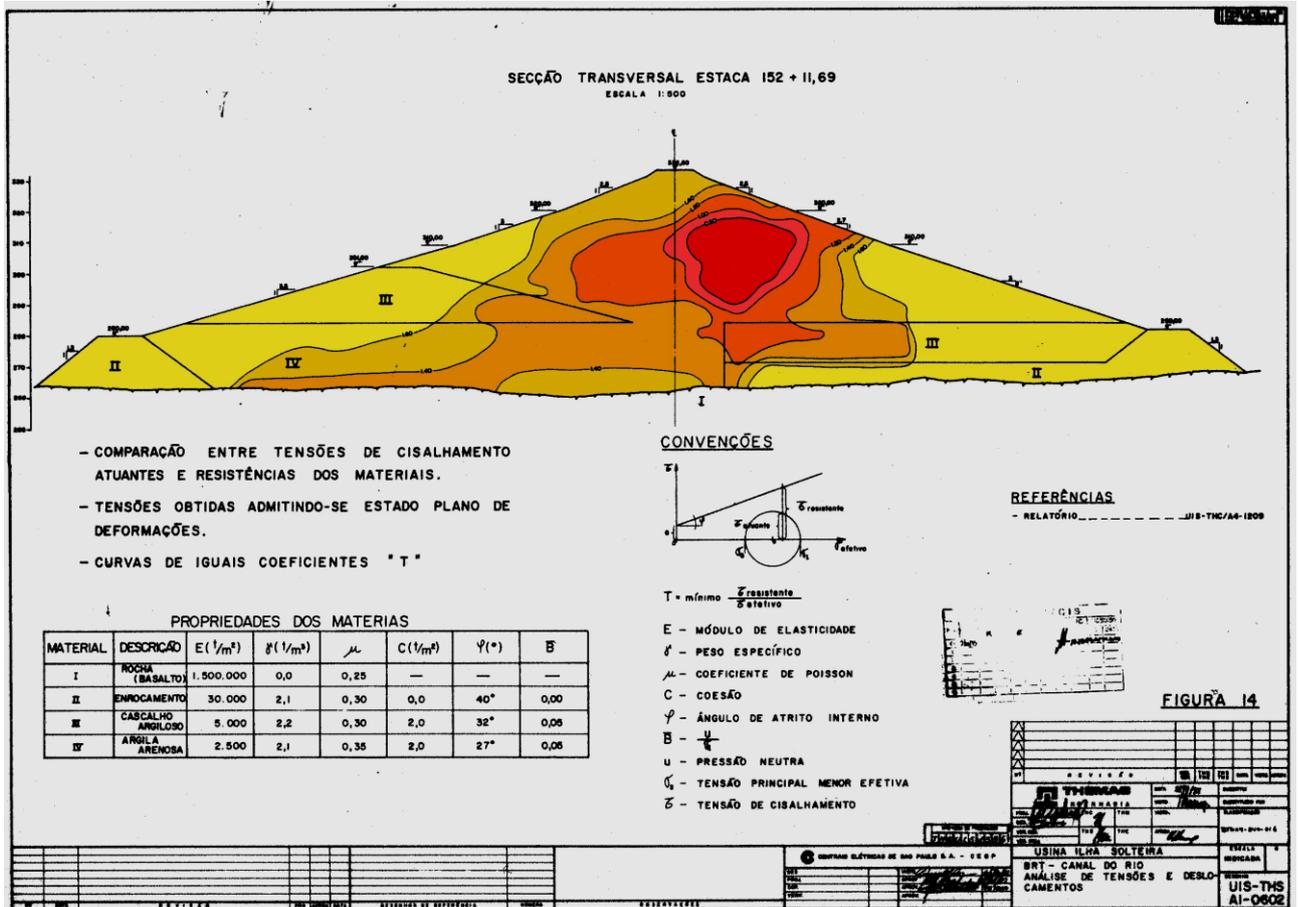


A coragem de enfrentar uma discretização tridimensional e ainda realizar diversos processamentos de dados com variações do *Coefficiente de Poisson* nos permitiu a visualização dos estados de tensões na direção longitudinal da Barragem:

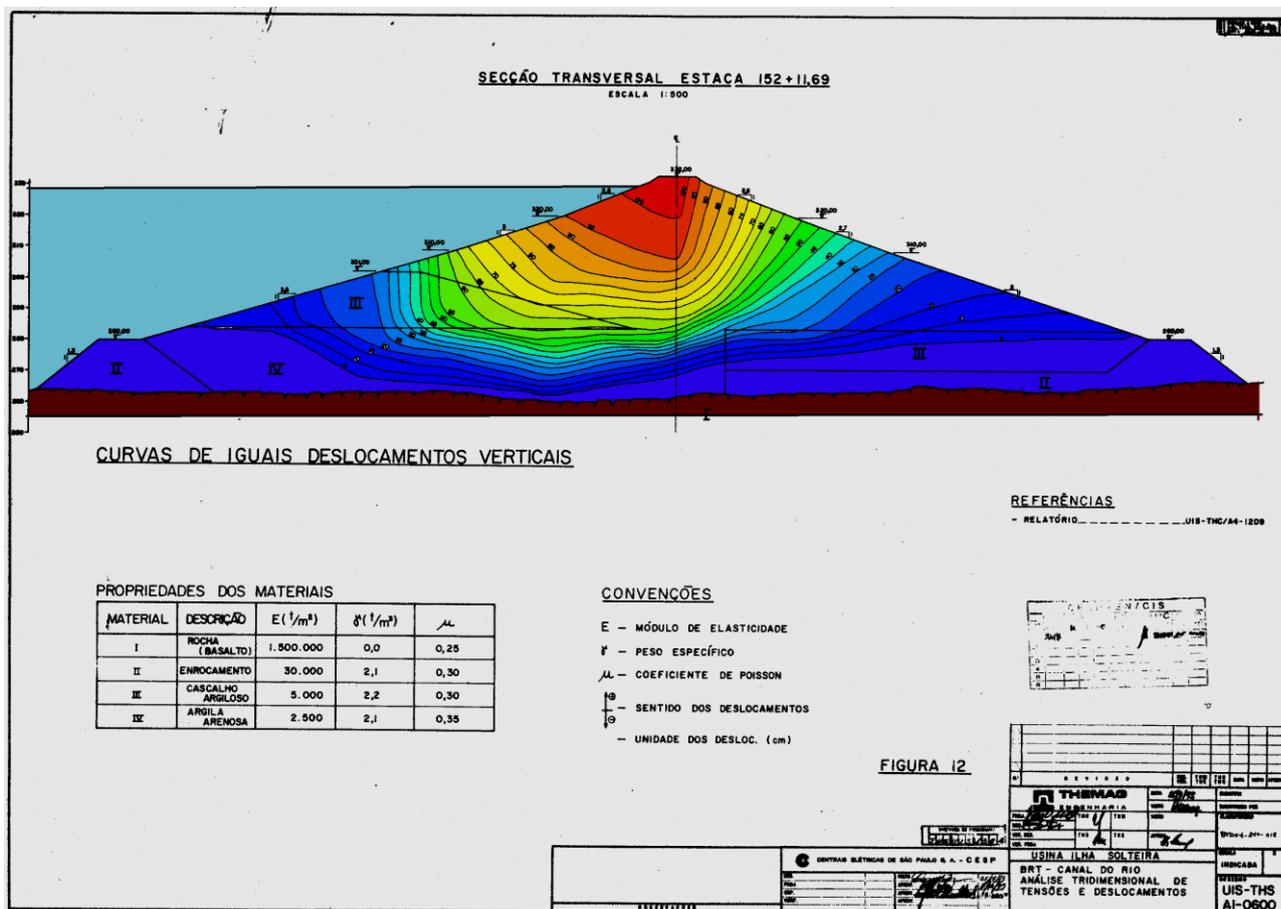


Não foi fácil, pois resultou numa malha com 792 elementos e exigiu mais de 7 horas de processamento num computador, à época, de grande porte, um IBM /360.

A grande vantagem foi obter, representações, inéditas à época, como as curvas de igual T como a seguinte:



E também curvas de igual deslocamento:



Devo esclarecer que as cores, nos desenhos acima apresentados, foram introduzidas à mão com o auxílio do editor gráfico PAINT. Na época (1972) não havia ainda computação gráfica e nem Plotter para desenhar figuras. O computador “cuspiam” milhares de folhas cheias de números e um Projetista (profissão que hoje não existe mais) desenhava pacientemente ponto por ponto da seção selecionada e depois com habilidade manual desenhava a curva de igual deslocamento intercalando nos pontos inteiros da nuvem de pontos. Uma única seção levava semanas para ser desenhada.

Mesmo não sendo desenhadas diretamente pelo computador, representações gráficas eram novidade e faziam muito sucesso.

No caso da construção da Barragem da Margem Direita de Ilha Solteira, a CESP determinou que fosse feito um estudo detalhado da instrumentação de modo que piezômetros, extensômetros e outros dispositivos de medição foram estrategicamente instalados no seio da barragem, o que permitiu um acompanhamento ano a ano que, confrontados com os estudos realizados em 1972, comprovou, para os autores, a eficácia, a precisão e a confiabilidade do modelo feito.

4.4 – DIFICULDADES DE EXECUÇÃO:

A grande dificuldade que enfrentamos na construção de componentes de segurança de taludes reside no enfrentamento dos esforços produzidos pelas águas da chuva. Mesmo os muros mais bem calculados correm o risco de

desabaram em dias de chuva justamente pelas dificuldades que o construtor encontra na execução.

É por isso que o muro cai em dias de chuva.

Um componente difícil de dimensionar e mais difícil ainda de executar é o Dreno. A água da chuva que penetra no solo precisa ser, o mais rapidamente possível, eliminada pois a sua presença exerce ações desastrosas sobre a coesão e outras propriedades do solo, entretanto a sua rápida eliminação ocasiona o carreamento das partículas do solo aumentando os vazios entre as partículas.

O dreno precisa, então, apresentar duas características:

- 1 – Ser capaz de retirar rapidamente a água do seio do maciço;
- 2 – Ser capaz de reter as partículas de solo no seio do maciço.

Uma das técnicas empregadas é o Filtro Invertido. Explicando melhor, enquanto que num filtro comum várias camadas de material granulado exercem o papel de retenção de partículas, começando pelas mais grossas e passando sucessivamente para partículas mais finas, o filtro invertido começa pela retenção das partículas mais finas passando gradativamente para as mais grossas.

Essa sucessão de camadas, cada vez mais grossa, tem a função de evitar a colmatagem do filtro, isto é, impedir que as partículas que estão sendo carriadas formem uma película impermeável capaz de bloquear e impedir o fluxo das águas.

Existem muitos produtos sintéticos, genericamente denominados geossintéticos com estrutura cuidadosamente pensadas e fabricadas, capaz de exercer esse papel triplo, de facilitar a retirada da água, impedir a passagem de partículas e também de impedir a colmatagem.

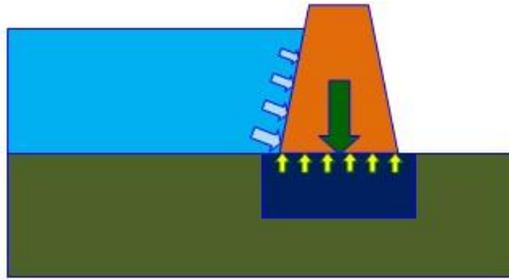
Compete ao projetista analisar a fundo as características de percolação de água pelo maciço e escolher o geossintético mais adequado, caso a caso.

4.5 – Dificuldades Atuais.

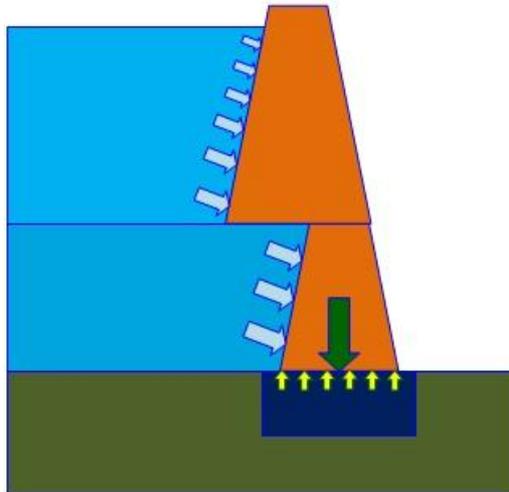
Nos dias de hoje, as barragens são projetadas, calculadas e executadas com extrema simplicidade e muitas condições de carregamento não são consideradas o que resulta, evidentemente, em colapso e dependendo da localização da barragem, como proximidades de núcleos urbanos, as consequências são desastrosas.

Um procedimento muito comum, nos dias de hoje, é o ALTEAMENTO de barragens.

Em poucas palavras, uma barragem projetada, calculada e executada com todos os cuidados e componentes de segurança:

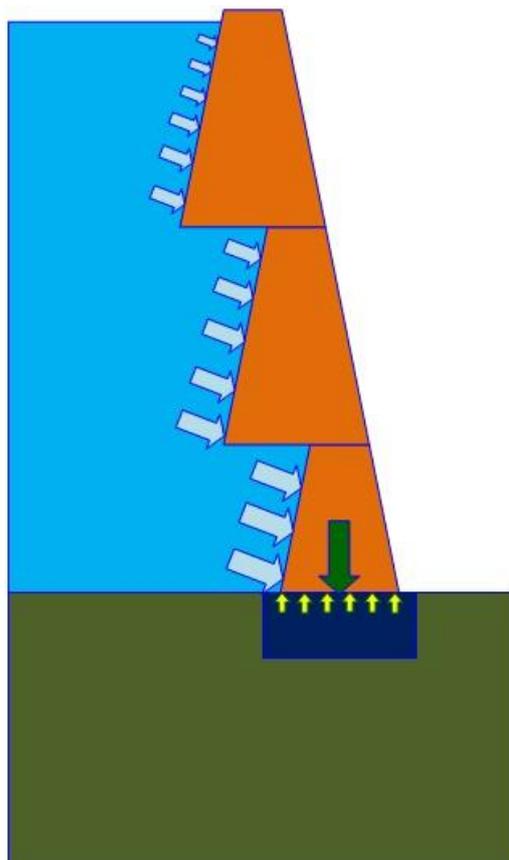


Recebe, alguns anos depois, um ALTEAMENTO:

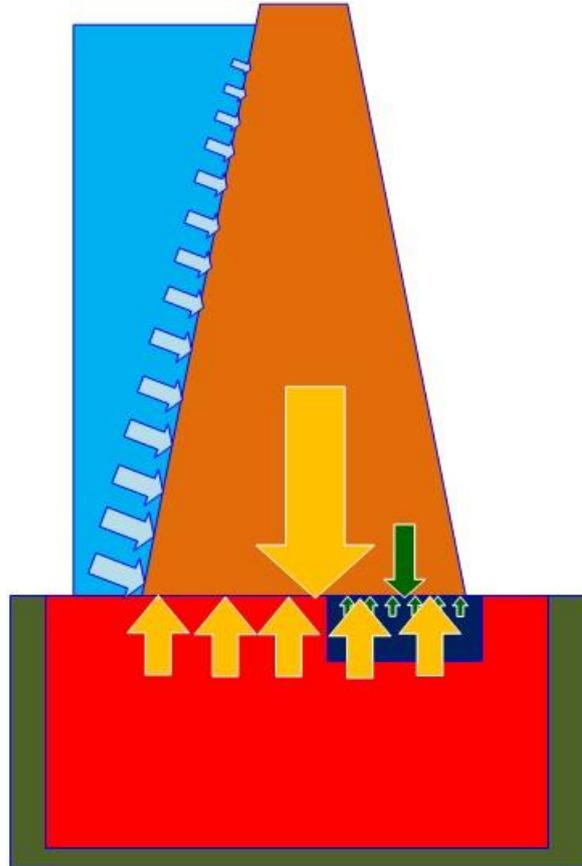


que é um simples prolongamento da altura da barragem.

Depois de alguns anos, pode receber um novo alteamento:

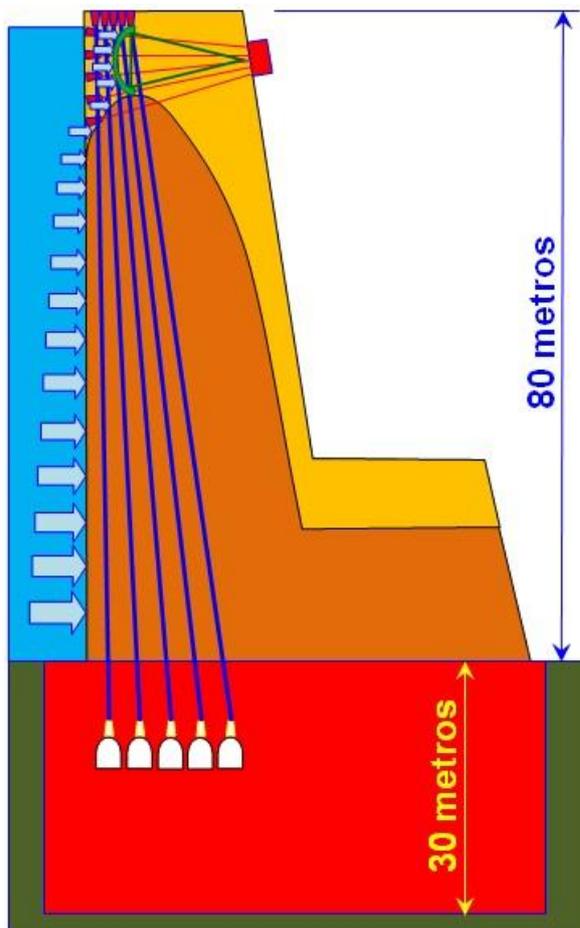


Sem que as condições da Fundação sejam alteradas.



Quando realizamos, em 1972, o dimensionamento do Vertedor da Hidrelétrica de Ilha Solteira, o peso do vertedor exigiu uma fundação de grande porte e que foi assentada sobre basalto são (não fraturado).

Não bastasse o seu peso, a pressão hidrostática atuando no paramento da barragem, e que tende a tombar o conjunto, teve que ser equilibrada com um conjunto de cordoalhas de aço que foi protendida com 125 toneladas.

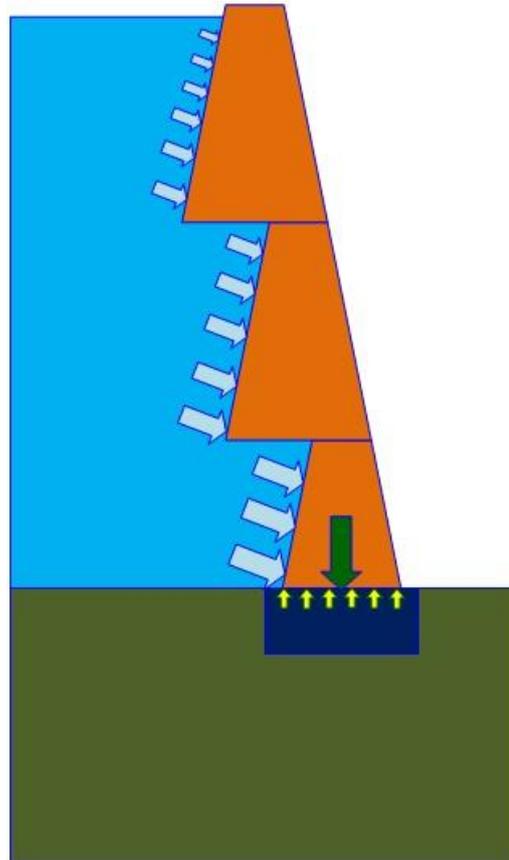


Sem falar da pressão hidrostática exercida sobre a comporta metálica (com 9 metros de altura) e que foi equilibrada, também com cabos protendidos, na viga munhão onde a comporta se apoia.

Tudo isso em cada um dos 20 pilares distanciados de 14 metros.



Então, o que está sendo feito nas barragens de rejeito em Minas Gerais (são mais de 700 barragens) é seguro?



4.6 – DIFICULDADES EM ENCOSTAS:

As situações acima apresentadas, embora revestidas de certa complexidade tanto na concepção como no dimensionamento e também na execução, têm um componente agregado que ajuda positivamente que é o material com que estamos lidando.

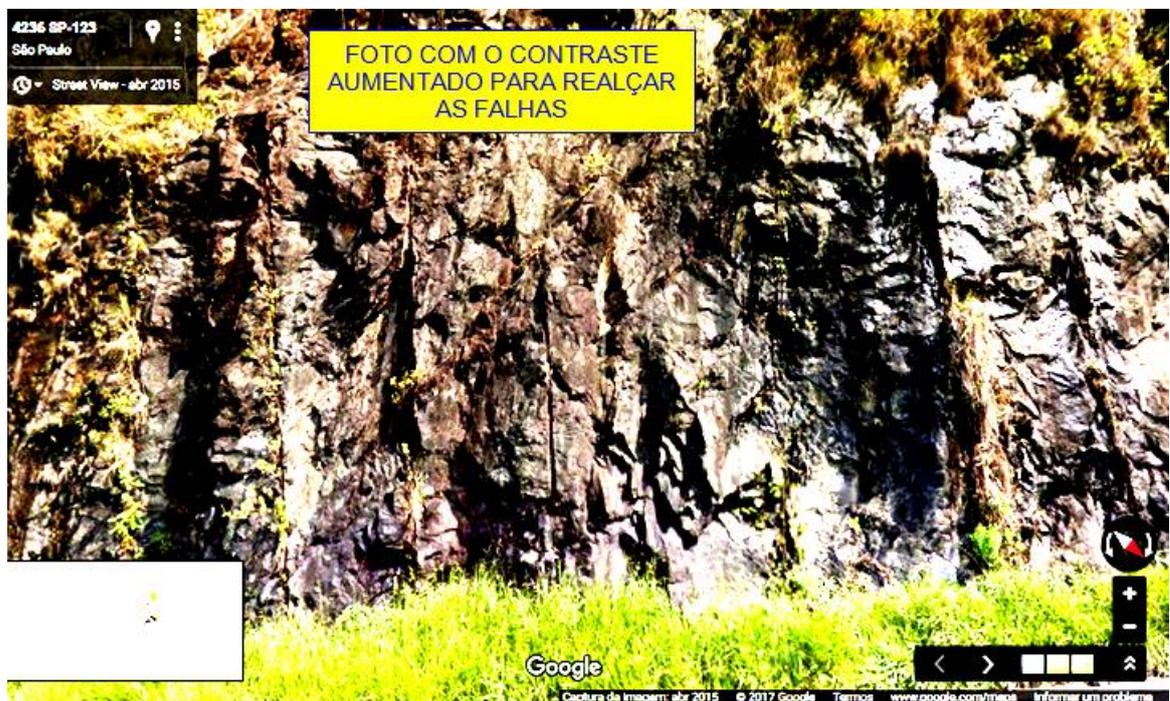
No caso de Encostas, estamos lidando com o solo formado pela natureza e que se encontra em processo de metamorfose.

No caso específico das encostas na região do **Vale do Paraíba**, cercado pela Serra do Mar e pela Serra da Mantiqueira é difícil encontrar alguma homogeneidade nos solos pois as diferenças geológicas ocorrem a distâncias de metros. Um único edifício corre o risco de ficar assentado sobre solos de formação geológica bastante diferentes com partes formadas a 600 milhões de anos e partes formadas em eras mais recentes como 6 milhões, estando ainda, em processo de adensamento.

Aqui mesmo, perto de Santo Antonio dos Pinhais, na rodovia SP-123, Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro, antes da entrada do túnel podemos ver um afloramento rochoso formado por granito de 600 milhões de anos intercalado pelo gnaiss de 250 milhões de anos com falhamento de 60 milhões de anos preenchidos por sedimentos de 6 milhões terminando com sedimentos orgânicos de deposição mais recente ainda.



Veja mais de perto (não confundir com as marcas de furo das brocas):



Entendo que não é possível qualquer análise séria sobre a Estabilidade de Encostas na região e no entorno do Vale do Paraíba sem um conhecimento da história, embora longa porém importante, dos violentos movimentos tectônicos e as intensas metamorfoses que envolveram o solo desta região.

5 - ENTENDENDO A GEOMORFOLOGIA DA TERRA:

A Terra é um dos planetas sólidos do sistema solar.



Uma bola sólida que navega tranquila, há milhões de anos, pelo espaço cósmico acompanhando a translação do Sol.

SÓLIDO? QUEM DISSE QUE A TERRA É UM PLANETA SÓLIDO?

Na verdade, a Terra é uma bola flamejante de ferro com temperaturas que ultrapassam os 6.000 graus Celsius.



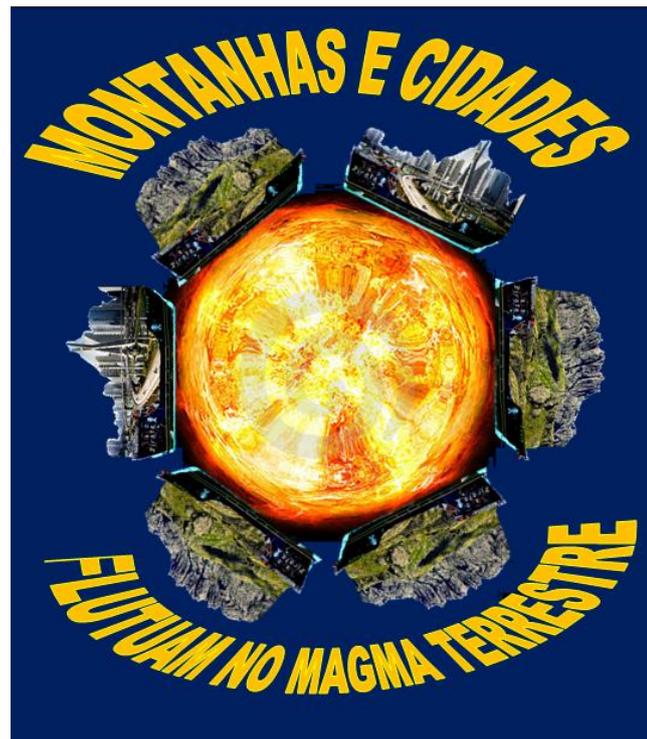
E, nós todos, animais, florestas, montanhas e prédios somos como que cargas transportadas por um navio, que chamamos de Crosta Terrestre, que navega flutuando sobre o Magma Terrestre.



Se existisse um navio bem grande, capaz de transportar montanhas e cidades:



Essas montanhas e cidades estariam “flutuando” sobre um mar de magma líquido:



De vez em quando, um jato de magma aflora à superfície que escoar e, ao esfriar, forma uma superfície sólida.



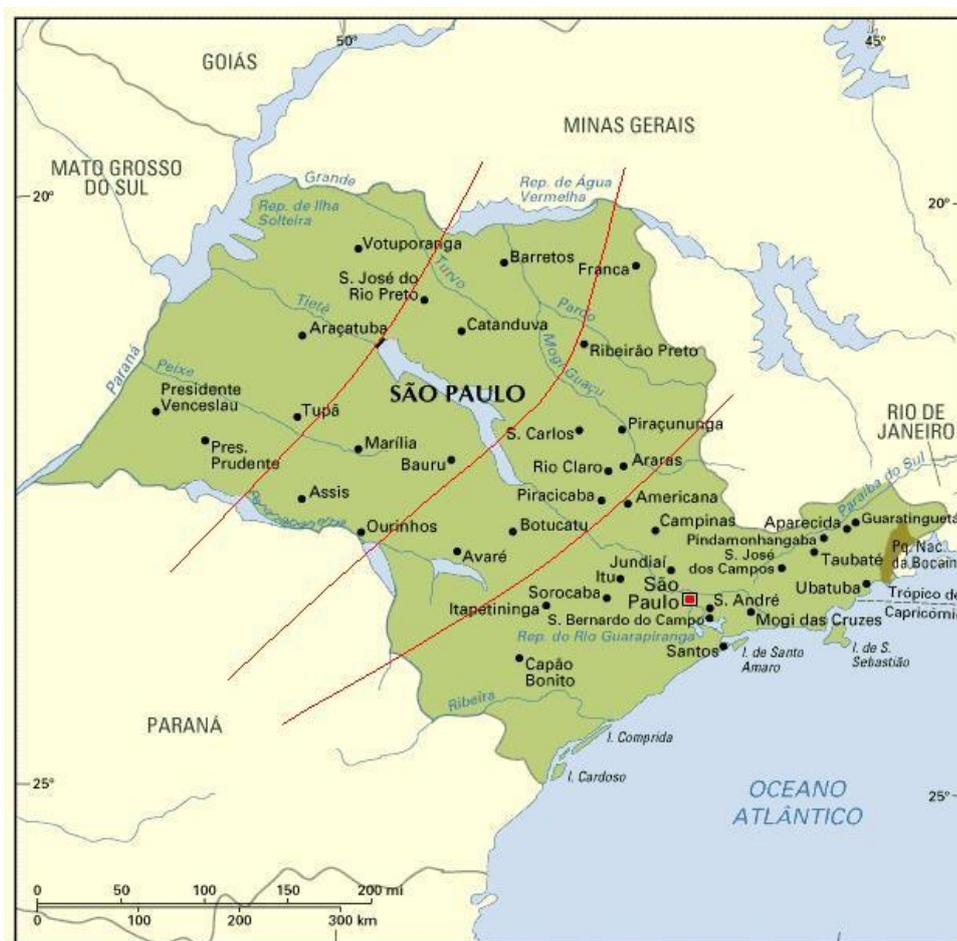
O Basalto é quando o magma esfria rapidamente, formando uma rocha sólida, dura e homogênea:



Na sua formação e metamorfose, o basalto pode assumir formas interessantes como nas disjunções prismáticas que resultam em paralelepípedos de formas regulares, muito interessante:



O basalto é formado por DERRAMES, eventos geológicos que ocorrem a partir de uma grande falha na crosta terrestre. As falhas mais famosas estão localizadas na região que compreende os estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso:

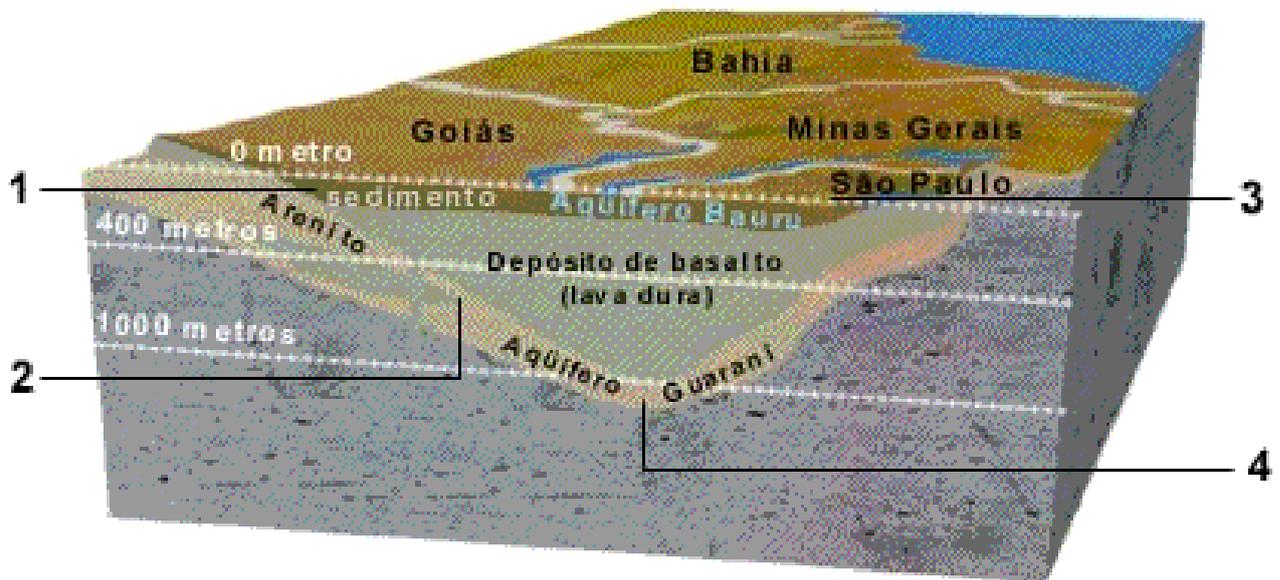


E que formam a estrutura de reservação de água subterrânea conhecida como Aquífero Guarani. Diferentemente do Lençol Freático em que a água da chuva que penetra no terreno e escoar por cima de uma camada impermeável, o Lençol Artesiano

decorre do Artesianismo, fenômeno descoberto na cidade de Artésia na Escócia, onde a água fica presa entre duas camadas impermeáveis:



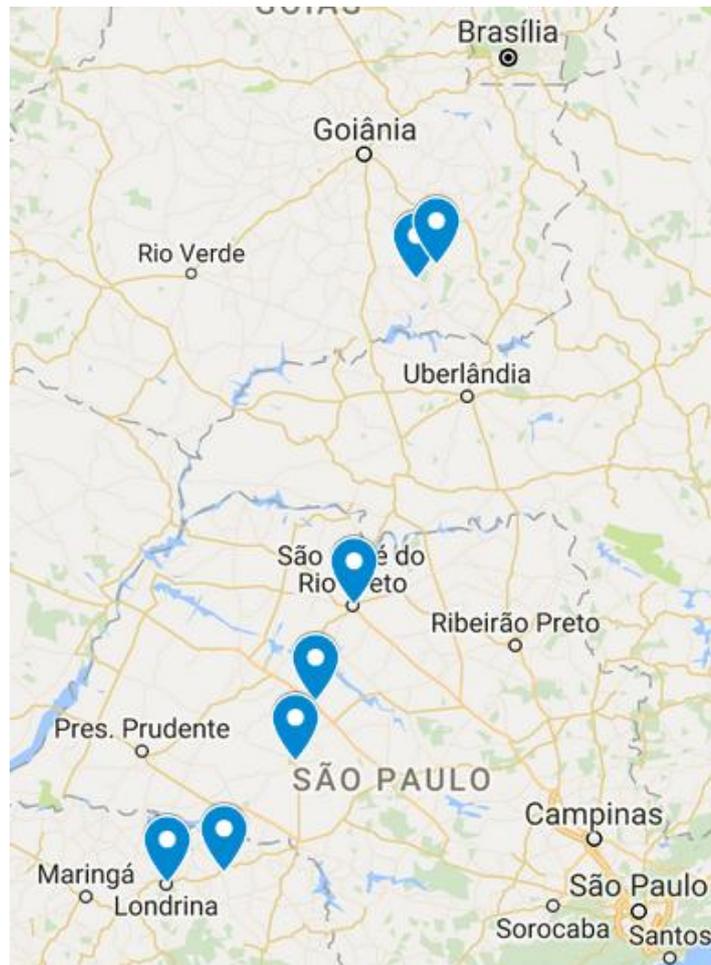
Veja um corte da estrutura formada pelo Derrame de Basalto:



Uma visão clara dos vários derrames de basalto que ocorreram em eras geológicas espaçadas pode ser vista nas camadas que formam os penhascos das Cataratas do Iguazu, bem visíveis em época da estiagem:



Uma das falhas permite a infiltração da água da chuva a grande profundidade onde o solo é mais quente e esquenta a água a temperaturas elevadas, como 50 graus Celsius e esta água quente aflora à superfície. A falha passa por Cornélio Procópio, Marília e indo até a cidade de Rio Quente e Caldas Novas onde estão as Estâncias Termais famosas.

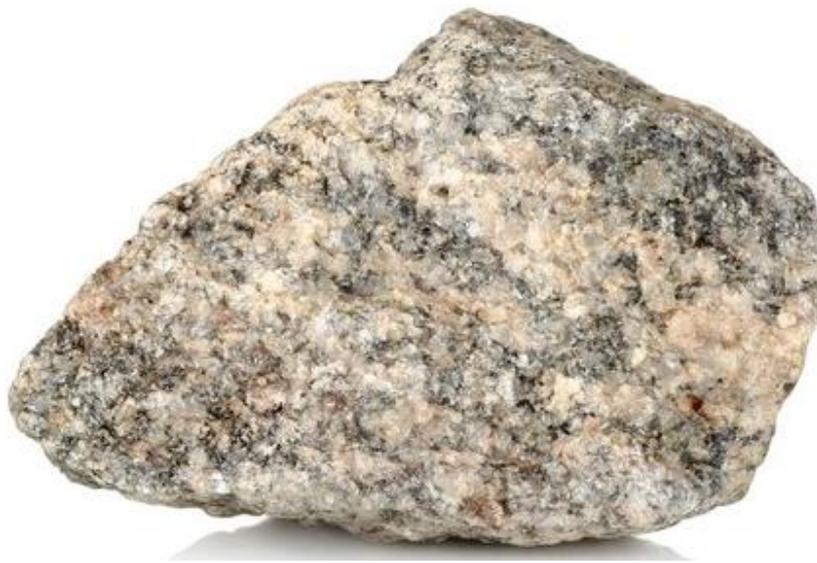


Exposto às intempéries, calor do verão seguida de chuva de granizo, o Basalto racha, quebra, trinca e vai sendo fragmentado até ser transformado em grãos finos e ricos de ferro e de cor avermelhada. É a famosa Terra Roxa:



No norte do Paraná e no oeste de São Paulo podemos encontrar Terras Roxas com até 700 metros de espessura.

O Granito é quando o magma demora muito para esfriar, dando tempo para a aglomeração de substâncias que formam blocos compostos, basicamente, de quartzo, feldspato e mica. O granito é heterogêneo na sua formação embora apresente planos de clivagem que permitem quebrá-lo na forma de paralelepípedos:



Quanto mais longo for o período de resfriamento, maiores serão os blocos:



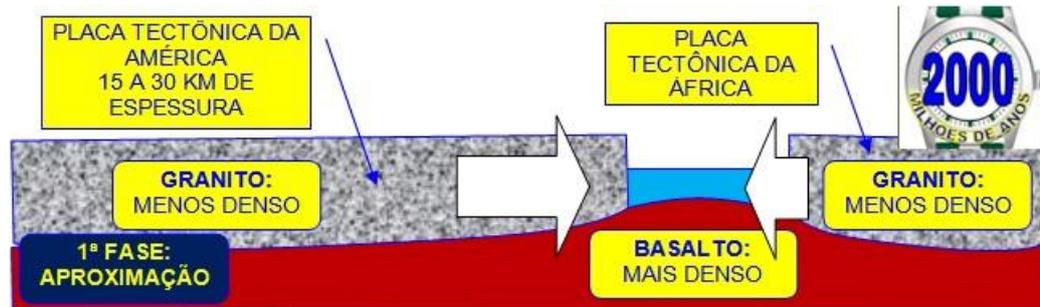
O granito costuma passar por uma transformação geológica envolvendo altas temperatura onde chega à fusão sendo transformado em gnaiss.

O GNAISSE é uma rocha bastante parecida com o granito e grande parte da Serra do Mar e da Mantiqueira é formada por gnaiss.

6 – AS GEOMORFOLOGIAS REGIONAIS

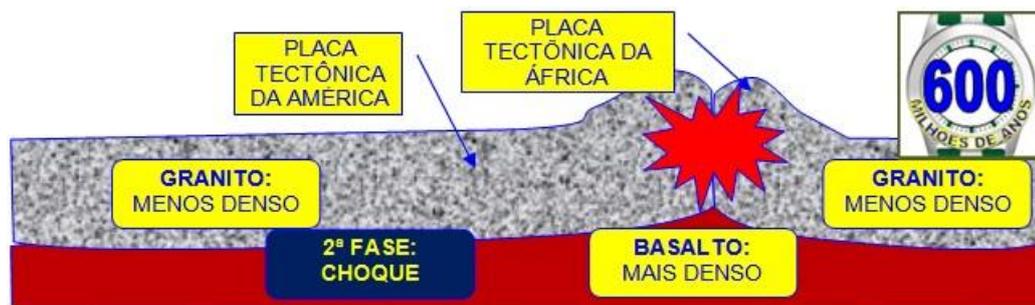
Este capítulo trata da evolução geomorfológica do vale do rio Paraíba do Sul e das regiões próximas, faz um apanhado histórico mostrando as razões da existência de poças de xisto em Tremembé, de elevações como a Pedra do Baú, o Pão de Açúcar, a formação de carvão mineral, os mármore e o granito verde conhecido como Verde Ubatuba.

Veja uma série de desenhos esquemáticos que mostram como ocorrem as transformações geológicas que os geólogos chamam de geomorfologia:



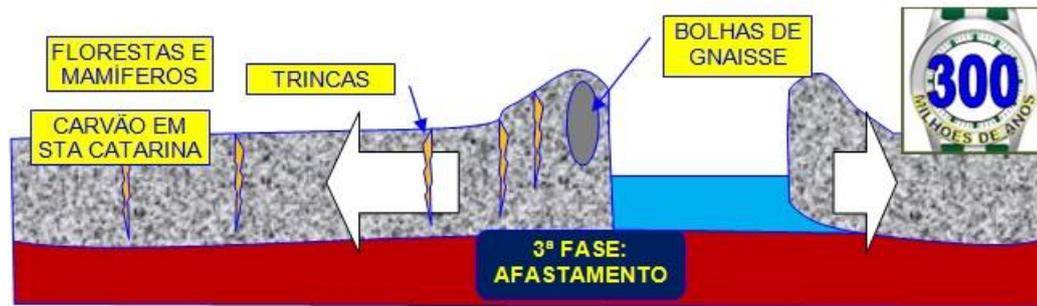
Há 2 bilhões de anos atrás, a terra era uma bola de fogo, toda líquida com o magma em fusão a altíssimas temperaturas.

Com o passar dos anos a terra foi esfriando e o magma começou a solidificar na forma de finas camadas. Finas é modo de dizer mas a placa de granito tinha 15 a 30 quilômetros de espessura.



Ocorrem choques (milhares deles) entre a placa tectônica da América e a placa tectônica da África. Estes choques produzem muito calor e o granito foi fundido dando origem ao gnaiss. Em algumas regiões, o calor não foi tão intenso e o granito continuou como granito. Em outras houve a formação de *Gotas de Gnaiss* debaixo do solo que permaneceram ali por muitos anos. Mais tarde, por causa de elevação do solo e da erosão provocada pelas intempéries, essas bolhas de gnaiss emergiram na forma de montes e montanhas arredondadas como o Pão de Açúcar.

Há 400 milhões durante o Paleozóico, ocorre a Explosão Cambriana surgindo muita vegetação e também muitos animais gigantes como os Dinossauros. Florestas muito densas formaram camadas e mais camadas de matéria carbônica que, posteriormente foram metamorfoseada em carvão mineral. Este período geológico é o Carbonífero, ainda dentro da era Paleozóica.



Há 250 milhões de anos termina o Permiano e começa o Triássico e a Era Mesozóica. Dominado pelos gigantes animais, além dos mamíferos surgiram os carnívoros.

As placas tectônicas começam a afastar uma da outra e esse movimento produz muitas trincas.

O Triássico é seguido pelo famoso, graças aos filmes, Jurássico. Tudo termina com o tal de meteoro que fazendo muita poeira bloqueou os raios solares e a Terra mergulhou num grande e longo período glacial.

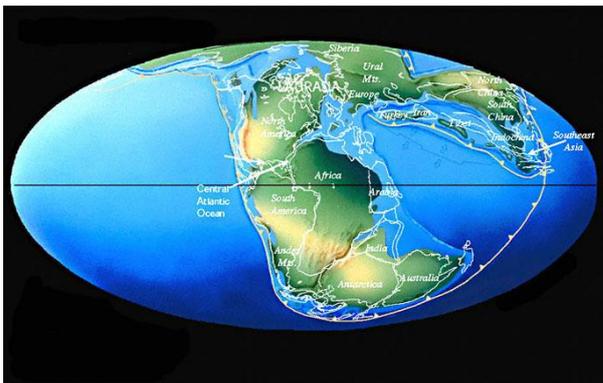
Uma palavrinha sobre o Jurássico:

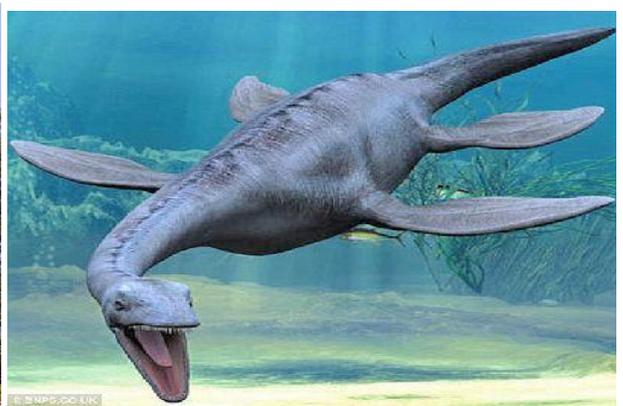
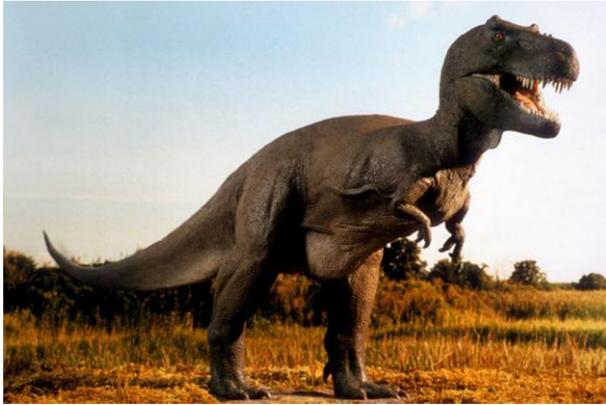
É parte da era geológica da Terra compreendida entre 200 e 145 milhões de anos, logo depois da formação do Oceano. Parece que uma gigantesca pedra de gelo caiu sobre a terra que, derretendo, formou os oceanos.

O nome Jurássico é devido às montanhas Jura, situadas nos Alpes, que contêm grande quantidade de rochas deste período.

Com o aumento do nível dos oceanos, terras baixas foram encobertas pelo mar, o que dividiu a Pangeia em dois continentes: Laurásia, ao norte, e Gondwana, ao sul. Essa divisão também permitiu que a umidade vinda do mar atingisse regiões que antes não atingia (por estarem no interior de Pangeia), o que tornou o clima mais úmido.

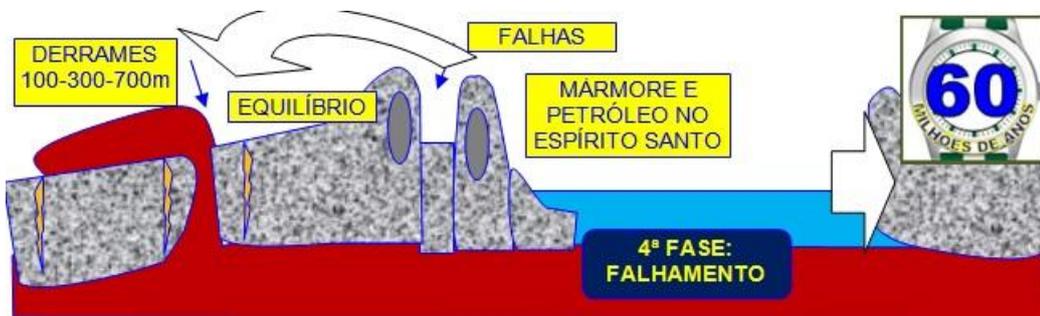
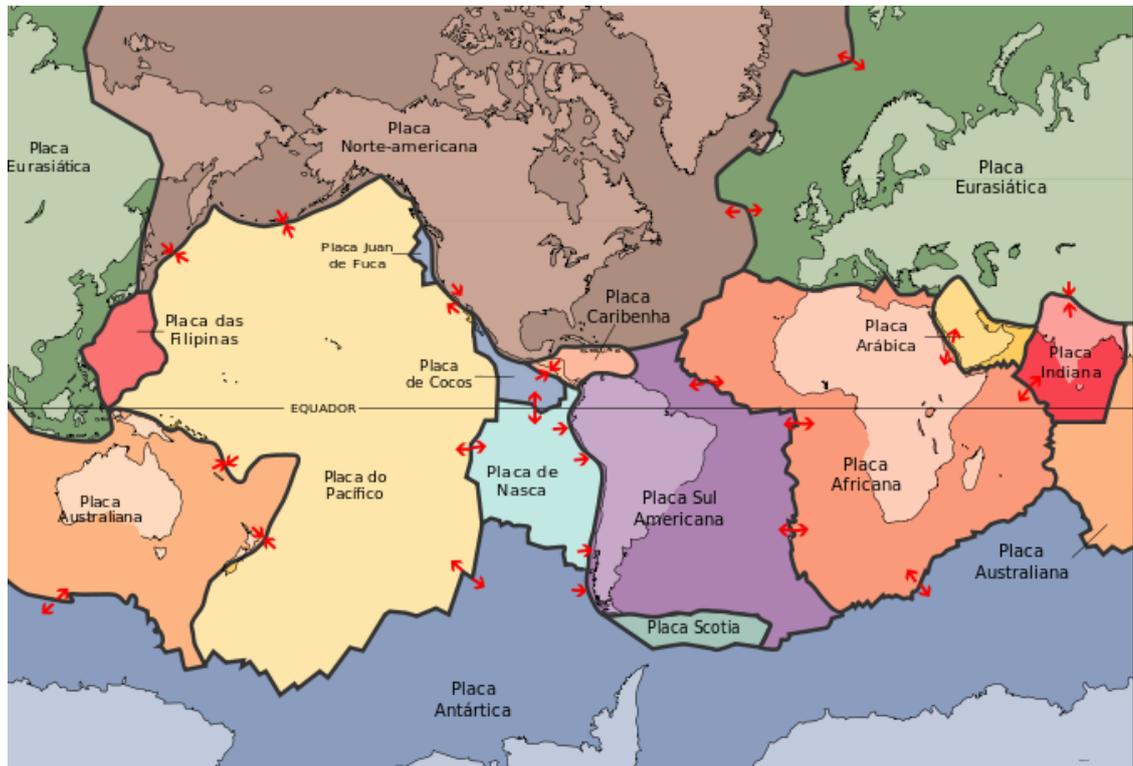
Durante o Jurássico, o clima quente e úmido fez com que as florestas se proliferassem, o que fez a diversidade de plantas se tornar muito maior que a do Triássico. As plantas predominantes são: cicadáceas, ginkgos e coníferas gigantes (sequoias). Também é neste período que surgem as primeiras plantas com flores.





Dinosaurs of jurassic period

Cryptoclidus	Allosaurus	Dilophosaurus	Stegosaurus
Kentrosaurus	Apatosaurus	Pterodactyl	Temnodontosaurus
Rhamphorhynchus	Brachiosaurus	Megalosaurus	Archaeopteryx
Cryolophosaurus	Ceratosaurus	Ornitholestes	Vulcanodon
Anchisaurus	Dakosaurus	Dimorphodon	Epidexipteryx
Compsognathus	Metriorhynchus	Brachytrachelopan	Liopleurodon
Mamenchisaurus	Patagosaurus	Diplodocus	

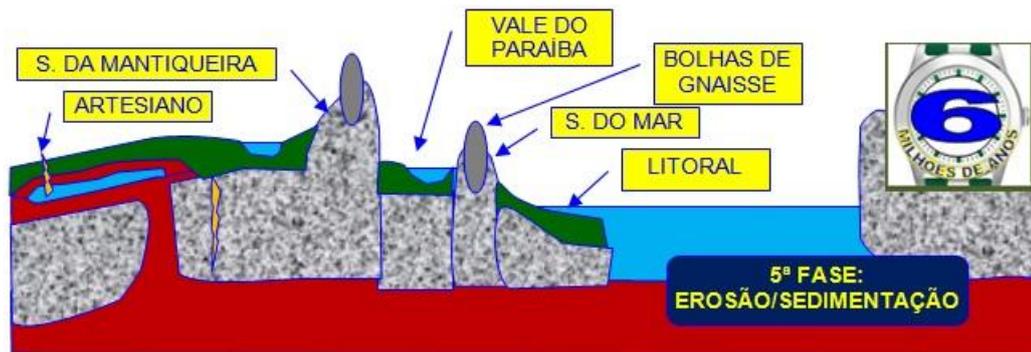


Pelas falhas criadas na placa tectônica emergiram muito magma líquido que aflorando à superfície escoaram pela placa na direção noroeste, já que no litoral tinha se formado uma barreira quando os choques continentais transformaram o granito em gnaisse.

Os derrames de Basalto, foram centenas de derrames, tinham de 100 a 700 metros de espessura. Emergiram através de falhas (grandes trincas) que tinham milhares de quilômetros de comprimento. Uma delas que vai de Cornélio Procópio no Paraná, passa por Marília em São Paulo e vai até Caldas Novas em Goiás permite, até os dias de hoje, a penetração da água da chuva até grandes profundidades onde o calor da terra aquece a água a temperaturas altas que saem na forma de Fontes Termiais.

O peso do basalto era tanto que a placa que vai do litoral até o rio Paraná afundou, inclinou, num fenômeno geológico denominado Compensação Estática produzindo outras placas e também a elevação do litoral formando a Serra do Mar, de Santa Catarina até o Espírito Santo. Concomitantemente, o movimento de retração da placa produziu uma grande fenda ao longo da Serra do Mar em formação, levando a formar a Serra da Mantiqueira com um grande abismo entre elas.

Há 23 milhões, no Mioceno, surgiu a Soleira Arujá, uma parte do solo subiu formando um degrau e bloqueando o curso do rio Paraitinga que era formador do rio Tietê, obrigando-o a fazer meia volta. Mais à frente veremos detalhes da formação da Soleira Arujá pois a mesma não está restrita a esta região mas vai da Ilha de São Sebastião até a cidade de Araxá em Minas Gerais.



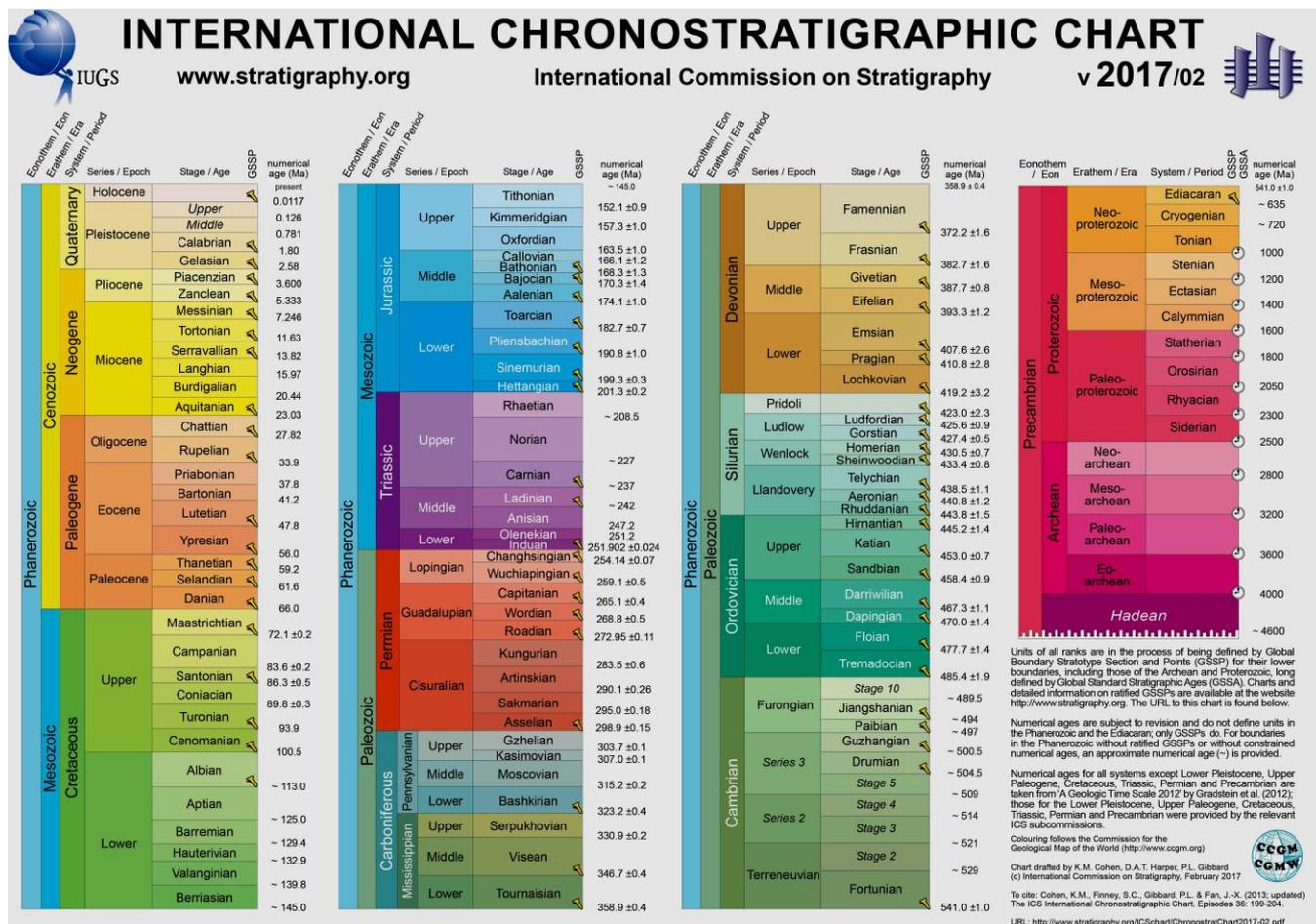
O intenso intemperismo produziu muitas quebras principalmente nos granitos misturados com o gnaíse, quebra essa que transformou as pedras em areia e as areias em argilas. Areia e Argila foram erodidos e transportados pelas chuvas, indo se sedimentar nos vales. A grande falha entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira foi preenchida com esses sedimentos.

Onde hoje é Taubaté havia um buraco bem grande para onde foram transportados muitos restos orgânicos de árvores e animais. Mais tarde, esses sedimentos foram metamorfoseados em xisto, como veremos mais adiante.

Como o movimento de retração ainda continuava, algumas bolhas de gnaíse (que eram arredondadas como uma bolha) sofreram fraturamento formando muitas pontas como são as Agulhas Negras.

Do outro lado da Serra do Mar, a sedimentação do material proveniente da erosão formou praias e o litoral. Em alguns locais, como a Praia Grande, a praia é extensa, isto é, larga e em outros muito estreitas.

Para satisfazer a curiosidade sobre as Eras Geológicas, anexamos a carta geológica produzida pela Sociedade Geológica Internacional:



METEORISMO

Fenômenos que alteram as características da rocha podendo ser um agente externo como o intemperismo e a erosão assim como agentes internos como trincas, falhas, dobramentos orogêneses e tectonismos.

INTEMPERISMO

Ação do Sol e da Chuva que produz a fragmentação da rocha.

BOLHAS DE GNAISSE

Os choques de placas tectônicas, geralmente de granito, produzem muito calor que funde o granito transformando-o em gnaiss.

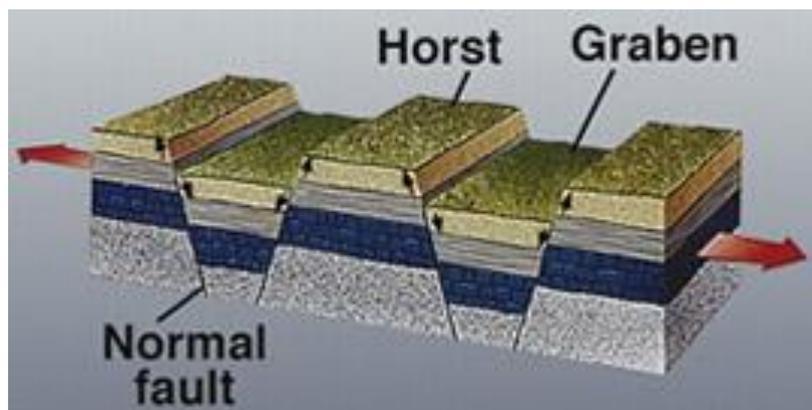
Ocorrem locais de grande concentração de calor onde se forma uma bolha líquida de gnaiss fundido.

Alguns exemplos:

- Pico do Agudo – Santo Antônio do Pinhal – SP 1.703m – Preferido para a prática de Voo Livre
- Pico do Itapeva – Campos do Jordão – SP 2.030 m
- Pedra do Baú – São Bento do Sapucaí – 1.950m

- Pico dos Marins – Cruzeiro – SP – 2.420 m
- Pico das Agulhas Negras – Resende – SP – 2.791m
- Pico do Lobo Guará – Extrema – MG 1.400m – Preferido para a prática do parapente
- Pico do Olha d'Água – Mairiporã – SP - 1.180 m
- Pedra Grande – Atibaia – SP – Muitas trilhas e prática de voo livre
- Pico do Urubu – Mogi das Cruzes – SP – 1.140 m
- Pão de Açúcar – Rio de Janeiro
- Pedra Azul – Domingos Martins - ES

MOVIMENTO DE BLOCOS



Horst é um bloco elevado formado pela ação de movimentos tectônicos.

A palavra *horst* provém da língua alemã e significa «ninho de águia» ou «colina alcantilada» se forma pelo movimento combinado de falhas geológicas paralelas cujo movimento provoca o afundamento dos terrenos vizinhos ou a elevação de uma faixa de terreno entre elas, podendo ter centenas de quilômetros de comprimento

Tal origem e o fato de tenderem a ter um topo relativamente plano cercado por escarpas íngremes, levam a designar de «mesetas» ou «montanhas bloco» Um exemplo é a famosa Montanha da Mesa nos arredores da Cidade do Cabo, África do Sul), as colinas dos Vosges, na França e da Floresta Negra, na Alemanha.

Graben ou **fossa tectônica** é a designação dada a uma depressão de origem tectônica, geralmente com a forma de um vale alongado com fundo plano, formada quando um bloco de território fica afundado em relação ao território circundante, resultado dos movimentos combinados de falhas geológicas paralelas.

A formação de um graben resulta do afundamento de um bloco, formando uma estrutura que se distingue dos vales de origem erosiva pela presença de escarpas de falha em ambos os lados da zona deprimida. Dada a sua origem tectônica, os grabens estão frequentemente associados a estruturas complexas onde se alternam as zonas deprimidas (os graben) e as zonas levantadas (os horst), em faixas com relativo paralelismo. Os grabens são estruturas que compõem grande parte das bacias sedimentares do mundo.

A palavra "graben" é de origem alemã, língua em que significa *escavação* ou *vala*.

Em contextos geotectônicos alargados (isto é em estruturas com centenas ou milhares de quilômetros de extensão) os graben são por vezes designados por *vales de rift*

Falésia

A falésia é um acidente geológico constituído por uma encosta íngreme ou vertical. Geralmente estes termos referem-se a formações litorâneas, mas também podem ser encontrados no interior de continentes.

Aparecem no litoral meridional do Brasil: no Rio de Janeiro e no litoral do Rio Grande do Sul, como por exemplo, na Praia de Torres. Há também as falésias do Rio Grande do Norte, localizadas na Praia de Pipa e também as falésias da praia de Tambaba (PB), Canoa Quebrada (CE) e as localizadas em cidades como Porto Seguro, Prado e Mucuri, no sul e extremo-sul da Bahia.

Uma falésia que ficou famosa é o Monte Roraima localizado na tríplice fronteira entre o Brasil, Venezuela e a Guiana. Suas escarpas são verticais e têm mais de 1.000 metros de altura. Ficou famoso por uma novela da TV.



Xisto

O xisto é uma rocha que resulta da metamorfose de argilas sedimentadas em finas camadas de arenito e material orgânico e, depois, submetidas a altas pressões e temperaturas. Sua transformação pode envolver várias etapas passando por folhelho, ardósia, filito e finalmente xisto, dependendo da duração da pressão e temperatura aplicadas.

O xisto apresenta aspecto nitidamente cristalino, e tem foliação mais ou menos nítida como resultado das fortíssimas pressões a que a rocha é submetida. Esta foliação é fina em rochas cristalinas, por via de regra de grão médio a fino, por vezes sendo tão pequeno que não se distingue macroscopicamente. Em geral, as "folhas" têm composição sensivelmente igual.

Podem ser definidos vários grupos de xisto, conforme o grau de xistosidade (foliação) e os minerais que predominam na sua constituição: nos micaxistos predominam o quartzo e as micas (biotite/moscovite), nos anfiboloxistos a anfíbola e o quartzo, nos cloritoxistos a clorite, e nos talcoxistos o talco.

Ao ser submetido a altas temperaturas solta um óleo conhecido como petróleo de xisto e pode ser refinado como o petróleo comum.

No Brasil, as ocorrências mais famosas são de de Codó, perto de São Luis no Maranhão e de Taubaté em São Paulo.



Ardósia

A ardósia é uma rocha que resulta da metamorfose de argilas sedimentadas em finas camadas de arenito e material orgânico e submetidas a altas pressões e temperaturas.

Apresenta-se na forma de lâminas sendo facilmente separadas. Sua exploração se faz de forma artesanal com cortes verticais formando blocos e depois com leves toques feitos na lateral.





Mármore

Mármore é uma rocha metamórfica, constituída sobretudo de calcita e dolomita cujos sedimentos, recristalizada pela aplicação de pressão e temperatura resultam em textura sacaroide, de granulação variável, frequentemente provida de veios coloridos que imprimem rara beleza. Por ser polível é largamente empregada na confecção de estátuas e também na construção civil.

O Espírito Santo é um grande produtor de Mármore, onde encontramos o mundialmente famoso Mármore Branco Espírito Santo.



Granito Verde Ubatuba

Uma das indagações que encontramos com frequência é a denominação “Granito Verde” pois o granito é a solidificação do magma terrestre que tem aquela cor característica, cinza, do granito.

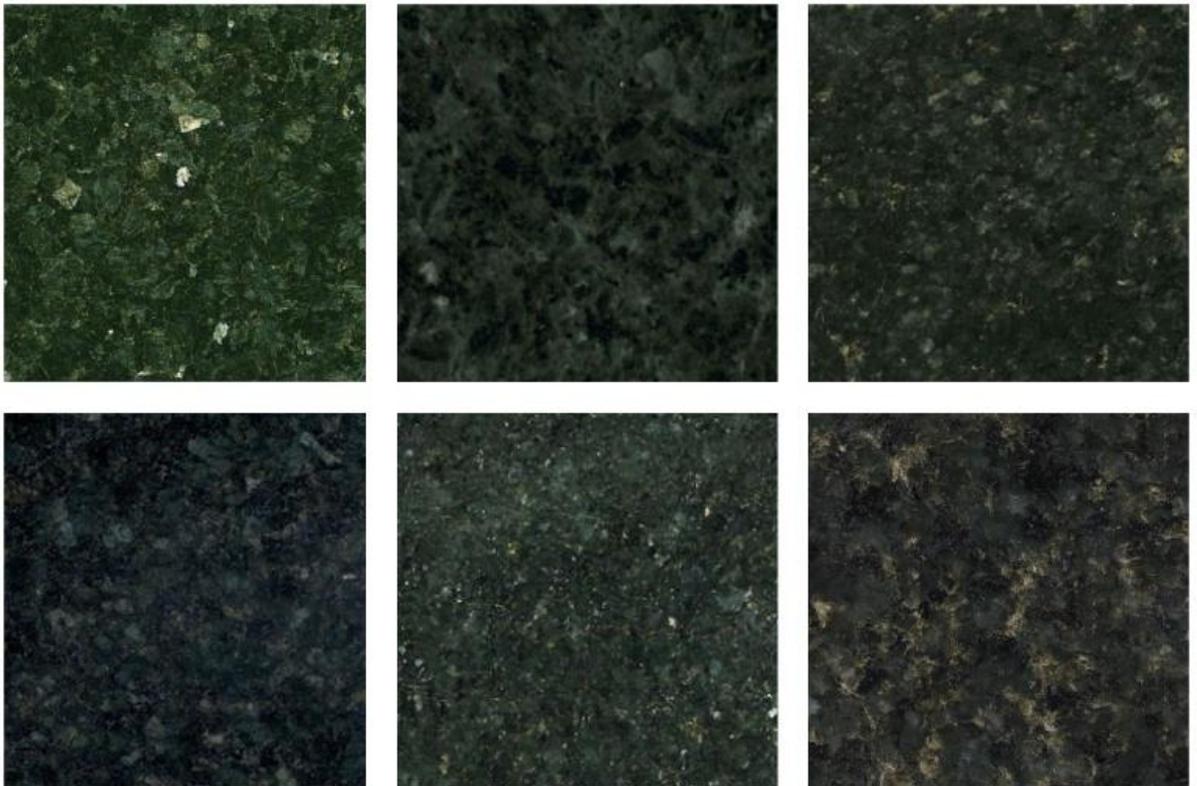
Então, o Verde Ubatuba sofreu alguma forma de metamorfose. Ora se o granito foi metamorfoseado deveria ter sido transformado em gnaisse.

Existe certo tipo de transformação mineralógicas e químicas que ocorrem no granito normal formando o Granito Verde.

Chama-se “amazonitização” e se resume na intrusão de pegmatitos que se transformam, dentro do granito, em amazonita e esta metamorfose ocorre “a frio” sem que ocorra a fusão do granito.

Por ser muito duro, 5-6 Mohs, é preferido na construção civil.

Sua maior ocorrência é no município de Ubatuba-SP porém ação de ambientalistas conseguiram impedir a sua exploração. Por ora se obtém o granito verde ubatuba na localidade de Baixo Grande no estado do Espírito Santo.

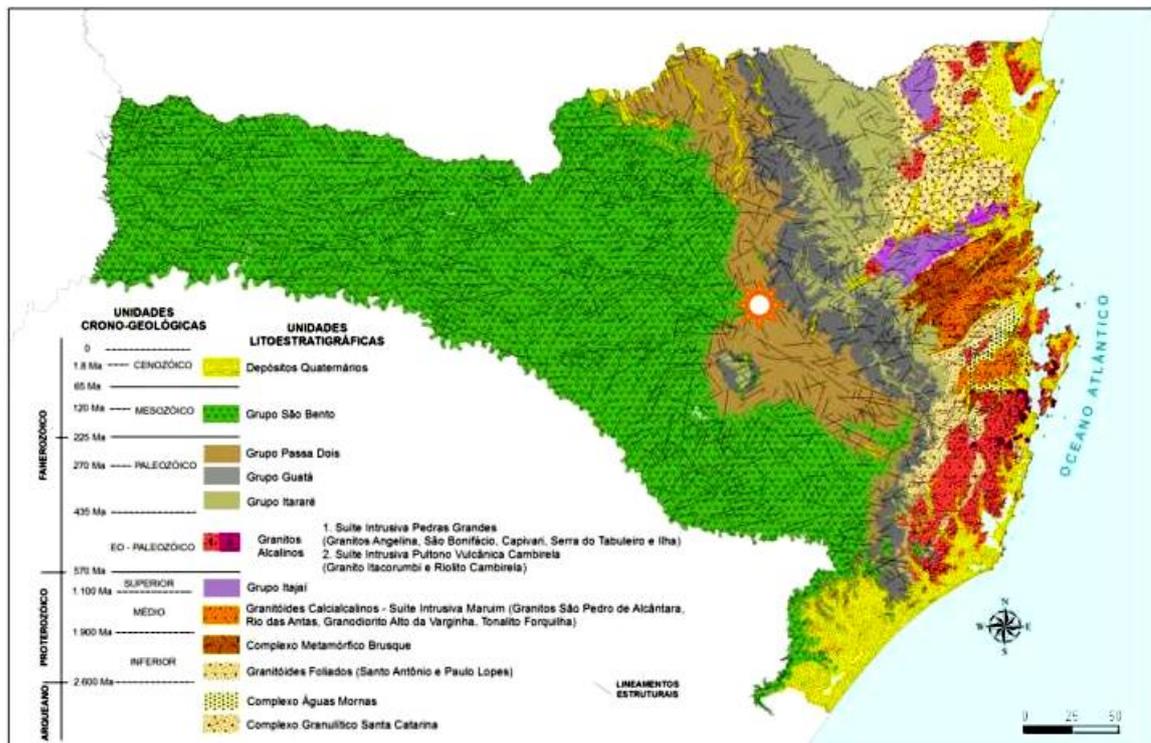




A seguir apresentamos o resultado de todas essas transformações geológicas, por regiões, começando pelo estado de Santa Catarina, passando pelo Paraná, por Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e finalizando no Espírito Santo.



6.1 - A Geomorfologia de Santa Catarina



Observe a intensa transformação ocorrida principalmente na faixa mais próxima ao longo do litoral.

Pela existência de farta vegetação densa e de grande porte no Carbonífero (300 milhões) ocorreram a formação de grandes minas de carvão mineral.

No Brasil, a história do carvão se inicia há cerca de 210 milhões de anos no início do período Jurássico.

Árvores gigantes e toda sorte de vegetação crescia, formando grandes e espessas florestas, favorecidas pela atmosfera muito rica em CO_2 , permitindo a intensificação da função clorofiliana e o crescimento dos vegetais em um clima particularmente quente e úmido.

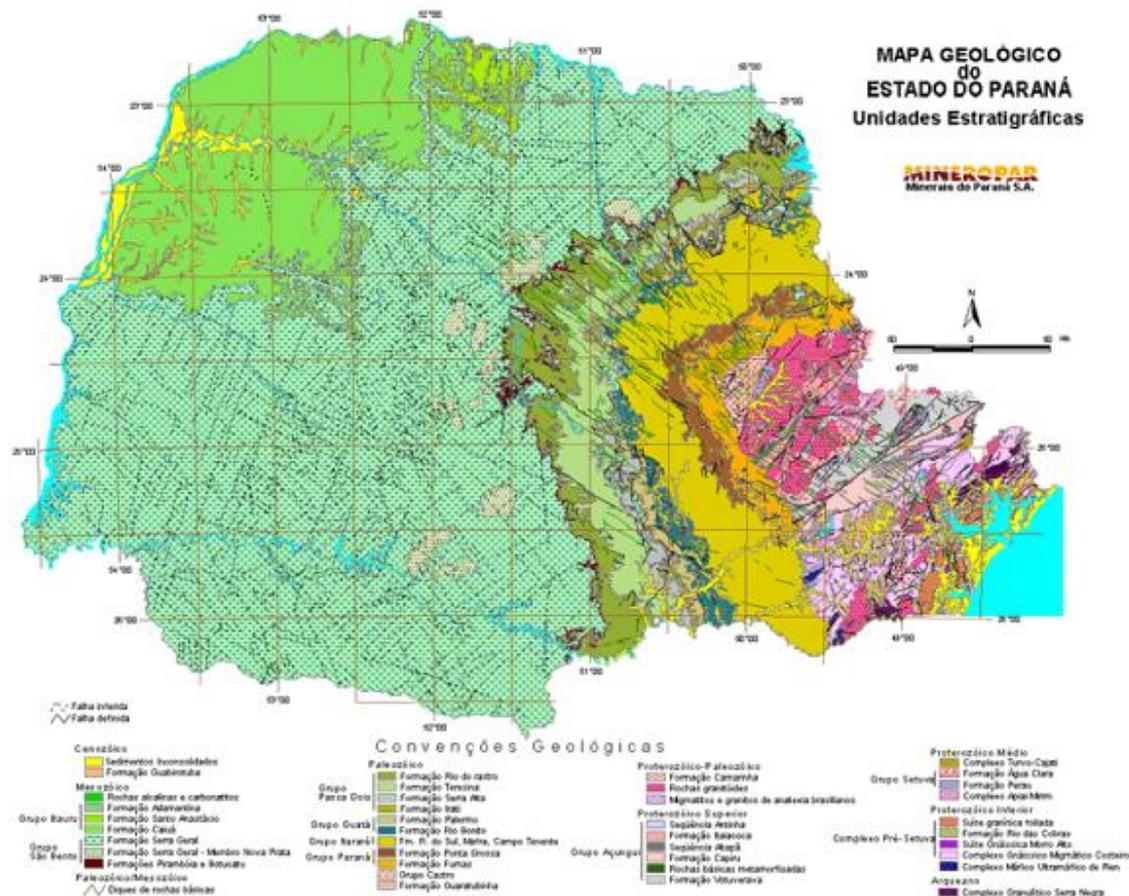
Sucessivas formações de florestas e afundamentos podem ter ocorrido ao longo de milhares de anos em uma mesma região, e então, camadas e camadas de carvões diferentes serão encontradas.



Veja o autor, devidamente protegido por EPI antes de enveredar por mais de 5 km, com o gerente da Carbonífera Metropolitana SA, pelos tuneis e galerias numa das maiores minas de carvão de Criciúma:



6.2 – A Geomorfologia do Paraná



A **Serra Geral** é uma formação geológica constituída por rochas magmáticas relacionada aos derrames e intrusões que recobrem 1,2 milhões de km² da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina.

Estes derrames de basalto deram origem à famosa Terra Roxa. Há regiões onde a espessura da camada de terra roxa atinge 700 metros de profundidade. Construir fundações nesses terrenos é muito tranquilo pois são solos homogêneos e fáceis de trabalhar.

Estes solos são formados a partir do final do Triássico e durante quase todo o Jurássico. A Bacia do Paraná foi dominada por campos de dunas do deserto Botucatu. No Jurássico a plataforma continental foi reativada, fenômeno descrito como Reativação Wealdeniana, associado à ruptura do Gondwana e à formação do Atlântico Sul combinado com a ocorrência de movimentos tectônicos cuja intensidade máxima se deu no início do Período Cretáceo, entre 137 e 127 milhões de anos, e se estendeu até o Terciário.

Volumes gigantescos de magma foram extravasados através de falhas em toda a Bacia do Paraná, cobrindo todo o deserto Botucatu em sucessivos derramamentos vindo a constituir a maior manifestação geomorfológica do planeta, cobrindo cerca de 1 milhão de km², e um volume total de aproximadamente 650.000 km³, comumente conhecido como Trapp do Paraná ou Província Magmática do Brasil meridional.



Os derrames de basalto da porção centro-sul são diferentes daqueles da porção centro-norte da Bacia do Paraná.

Os derrames da porção centro-norte deram origem a rochas básicas e ácidas com maiores teores de fósforo, potássio, e titânio, principalmente basaltos e basalto-andesitos de filiação toleítica. Já os derrames da porção centro-sul deram origem a rochas básicas e ácidas mais pobres nesses elementos, como o próprio basalto e riolitos e riolitos, como aqueles aflorantes na região dos Aparados da Serra, e que caracterizam uma associação litológica bimodal (basalto - riolito).

Observe o revestimento do pátio do estacionamento do aeroporto de Passo Fundo, feito com paralelepípedos de basalto de cor clara.



No Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná, na região central do estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Itaara e Santa Maria, é possível verificar essa associação bimodal. As rochas da Sequência Inferior da

Formação Serra Geral (basaltos-andesitos toleíticos) apresentam coloração cinza-escuro e são constituídas por plagioclásio cálcico, clinopiroxênio, magnetita e material intersticial de quartzo e material desvitrificado.

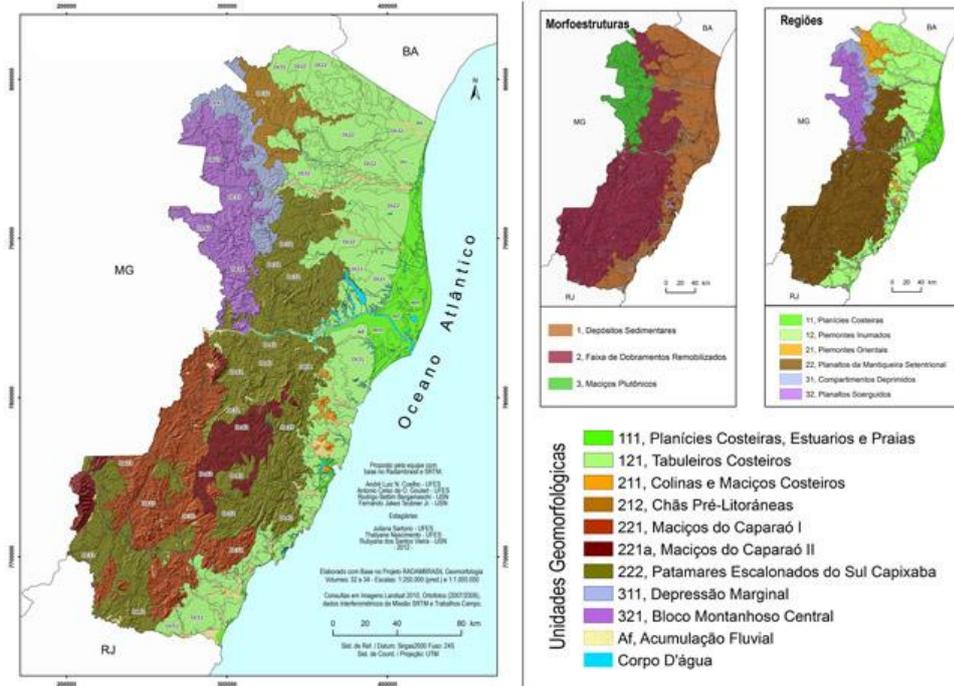
Já as rochas da Sequência Superior da Formação Serra Geral (vitrófiros, riolitos-riodacitos granofíricos) apresentam cor cinza-clara, estrutura microcristalina e são constituídas por cristais de plagioclásio, clinopiroxênios, hornblenda uralítica e magnetita. Essa divisão em Sequência Superior e Sequência Inferior aplica-se apenas a essa porção sul, já que na região de Tamarana, São Jerônimo da Serra e Jacarezinho (PR) e em Ourinhos (SP) são encontrados, lado a lado, derrames de riolacitos porfiríticos e de basaltos todos em contato direto ou intercalados nos arenitos da Formação Botucatu, fato que comprova que na porção centro-norte a estratigrafia é diferente e mais complexa.

Numa escala regional, diversos autores já propuseram a elevação hierárquica para Grupo Serra Geral o que implicaria na consequente elevação do Grupo São Bento para Supergrupo.

Devido ao fato das rochas da Formação Serra Geral, no Paraná, possuírem constituição diferente, seu comportamento frente aos agentes intempéricos é diferenciada. Com isso, as características dos solos também são diferenciadas. Em geral, as rochas da porção centro-norte da Bacia do Paraná evoluem para solos mais profundos, argilosos, com elevado teor de ferro e macronutrientes, permitindo o desenvolvimento de coberturas vegetais mais densas. Trata-se de solos classificados taxonomicamente como Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos, conforme o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Devido à sua excelente fertilidade física e/ou química, e por ocorrerem em relevo suave-ondulado, esses solos, antigamente chamados "terra roxa", são aptos para o desenvolvimento da agricultura intensiva.

A maior jazida de ametista do mundo é encontrada em rochas da Formação Serra Geral, na cidade de Ametista do Sul, no Rio Grande do Sul, que é chamada de Capital Mundial da Ametista. Cerca de 75% da economia municipal é decorrente da mineração, beneficiamento e comércio de pedras semipreciosas como ametista, ágata e topázio além de outros.

6.3 – A Geomorfologia do Espírito Santo



Ao longo da BR-101 encontramos muitos poços de extração de petróleo que são bombas instalados num terreno cercado e a maior parte das instalações não tem ninguém operando e nem tomando conta. As bombas bombeiam, dia e noite, o petróleo que é enviado, por dutos, às refinarias.





PEDRA AZUL

O pico da pedra azul é um maciço de gnaiss com 1.822 m localizado dentro do Parque Estadual de Pedra Azul.

O maciço adquire diversas colorações, azul, verde ou amarela, graças aos líquens que crescem na pedra. A origem do maciço remonta há cerca de 550 milhões de anos.

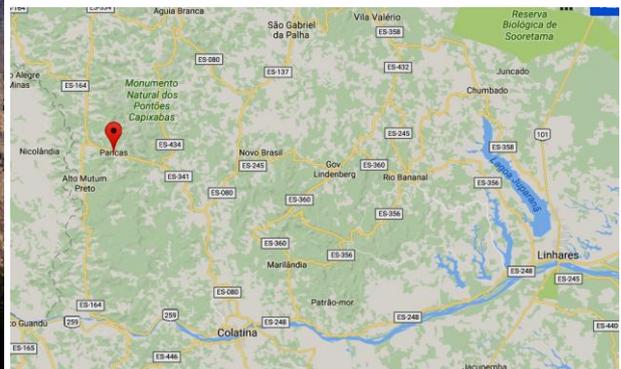
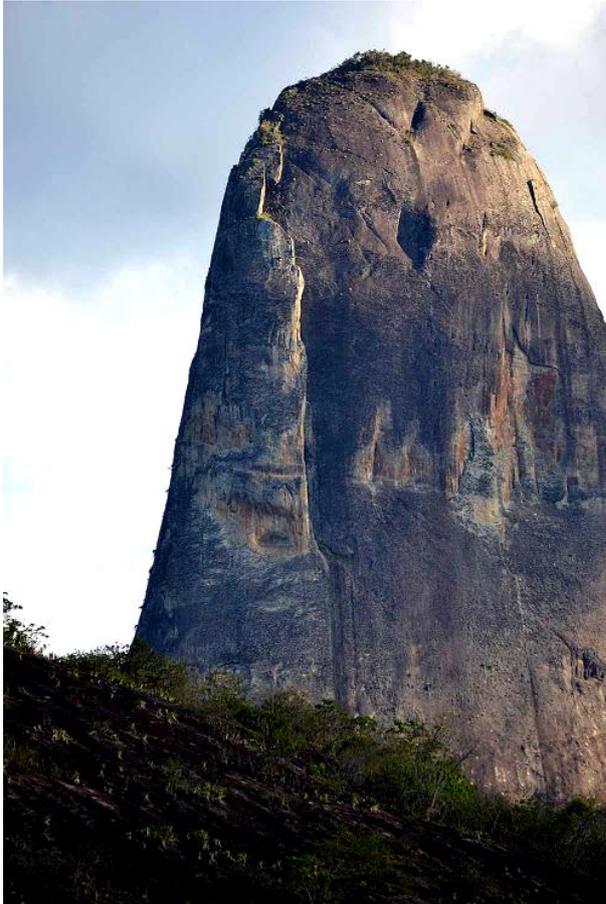
Uma saliência em forma de lagarto é um detalhe que chama a atenção já tendo conferido a mesma o nome de Pedra do Lagarto.

Ao lado da Pedra Azul fica a Pedra das Flores, com 1909 m. Ambas ficam localizadas no Parque Estadual da Pedra Azul com 1240 hectares de Mata Atlântica.



PEDRA DA AGULHA

Outra formação geológica interessante no Espírito Santo é a Pedra da Agulha localizada no município de Pancas.



AREIA MONAZÍTICA DE GUARAPARI-ES

Areia monazítica é uma areia que contém uma abundante quantidade de monazita - minério constituído por fosfatos de metais do grupo do cério - e de tório, principalmente o isótopo 232. Possui também significativa quantidade de urânio, que juntamente com o tório é responsável pela sua radioatividade. O termo "monazita" provém do grego *monazein*, que quer dizer "estar solitário", o que indica sua raridade.

O local de maior concentração de areia monazítica é o balneário de Guarapari, no Espírito Santo, mais especificamente na Praia da Areia Preta.

Estas areias são muito procuradas por seus supostos efeitos terapêuticos, sendo popularmente utilizadas no tratamento de artrites e inflamações uma vez que, espalhada sobre a pele, produz uma radiação que, segundo os defensores da ideia, estimula os tecidos e favorece o fluxo sanguíneo na região afetada.



Retirada e transporte de areia monazítica de Guarapari no início do século XX. O material seguia para galpões de separação e estocagem, como retrata a imagem da capa, também do mesmo período. Fotos: Acervo Ufes

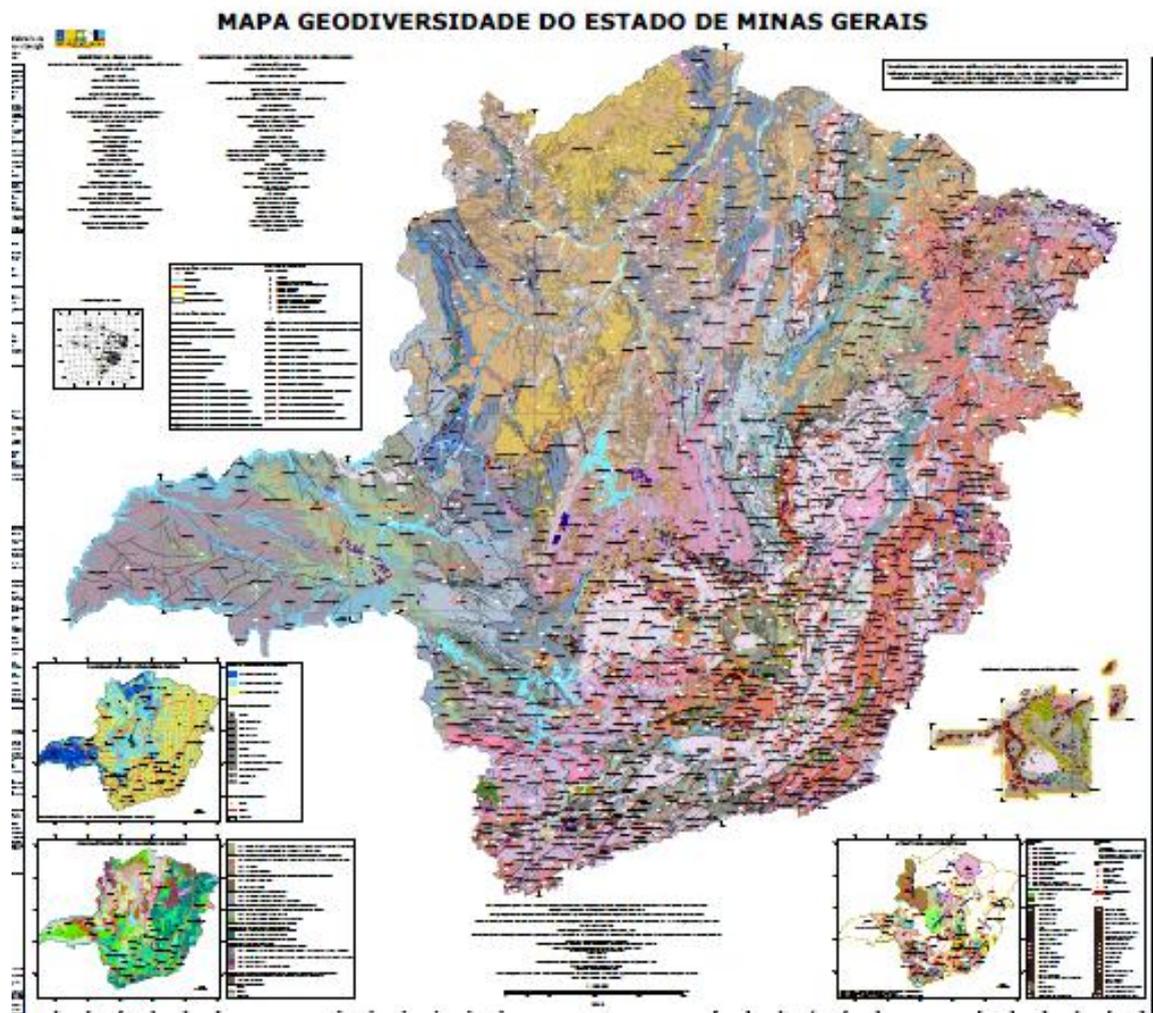


200 mil toneladas teriam sido retiradas entre 1889 e 1951.

Praia da Areia Preta - Anos 40



6.4 – A Geomorfologia de Minas Gerais



A geomorfologia de Minas Gerais é bastante complexa pois a região sofreu muitas e muitas transformações geomorfológicas dando origem a uma gama muito grande e diversificada de minerais.

Metais muito raros como o Tântalo e o Nióbio são explorados em Minas Gerais em minas a céu aberto onde eles ficam incrustados no granito.

Desconhecidas do grande público, o Tântalo e o Nióbio estão presentes em todos os chips, de computadores, smartphones, vídeo games, GPS e televisores.



O Tântalo e o Nióbio são extraídas dos respectivos minérios, que são minúsculos pontinhos pretos incrustados em certos tipos de granito, como esse da foto:



Que são extraídos de minas a céu aberto:



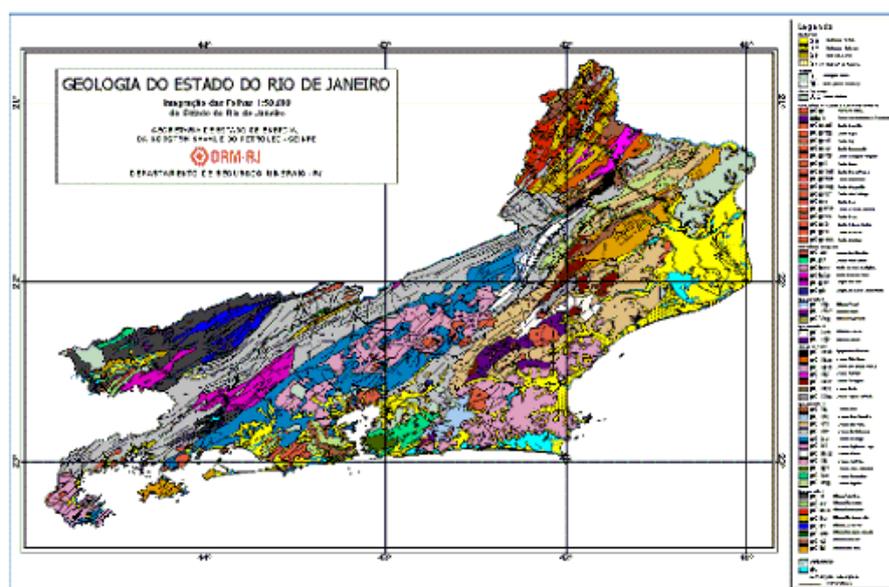
Cavas imensas com mais de 150 metros de profundidade são abertas até chegar aos veios do minério de tântalo e nióbio. Na foto seguinte, o veio é a faixa branca no pé da cava. O material acima do veio é um granito comum que é simplesmente descartado.



Naquele granito branco, minúsculos pontos pretos são a base desses metais raros e a separação é feita por britagem, trituração e moagem em grãos muito finos e separados por esteiras vibratórias

Estes metais raros são imprescindíveis para a indústria eletrônica e uma pitada deles está presente em todos os chips fabricados no mundo.

6.5 – A Geomorfologia do Rio de Janeiro

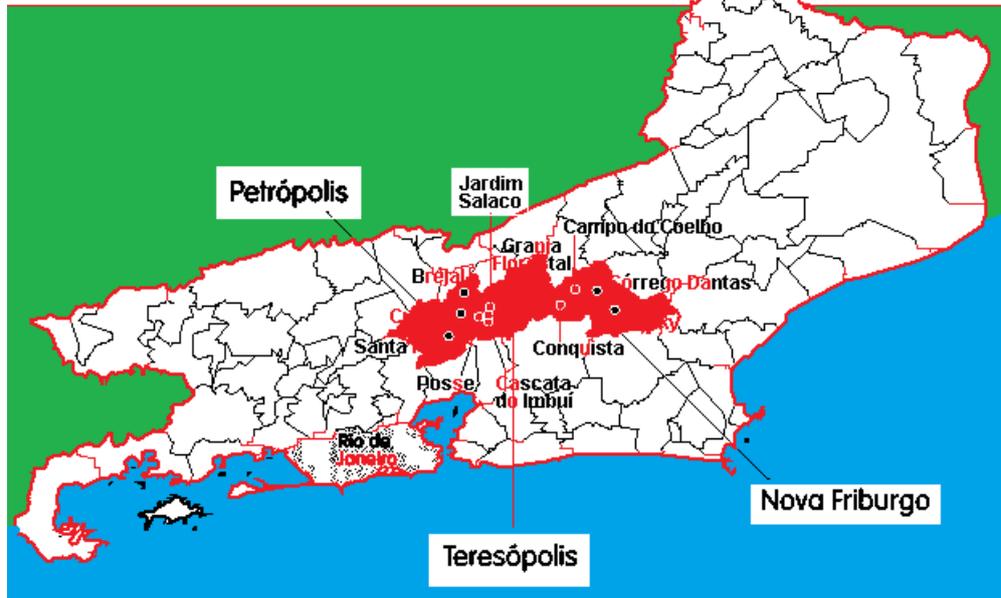


Destaque é a região Serrana formada pelos municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo que por oferecer paisagens muito bonitas induzem as pessoas a construírem casas nas encostas muitas delas instáveis e

que costumam causar desastres de grandes proporções com muitas vítimas e grandes prejuízos materiais.

Locais isolados na Região Serrana do Rio de Janeiro

Quase uma semana após a chuva que atingiu a Região Serrana do Rio comunidades inteiras continuam isoladas à espera de ajuda





Pesquisadores e geólogos divergem sobre o evento considerado a maior tragédia climática da história do país. As diferentes opiniões levam em conta o período de medição das chuvas e a contagem das vítimas, já que o Brasil não possui um banco de dados oficial sobre os prejuízos causados por tragédias climáticas.

Para o geólogo Agostinho Tadashi Ogura, pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), os escorregamentos de terra que ocorreram entre 1966 e 1967, na Serra das Araras, no Rio de Janeiro, caracterizam a pior tragédia da história até o momento. “Os registros que nós temos indicam algo em torno de 2 mil mortos, em 1967, na região da Serra da Araras. Considerando o número de vítimas, essa foi a maior tragédia da história do país”, afirma.

A climatologista Lucí Hidalgo Nunes, no entanto, considera que os deslizamentos registrados neste início de ano na Região Serrana do Rio de Janeiro são os piores já acompanhados pelos brasileiros. “A contagem das vítimas na Serra das Araras leva em consideração as mortes causadas por diferentes eventos, em áreas próximas. É um somatório, por isso, no meu entender, a tragédia que está ocorrendo na Região Serrana do Rio é a maior”, diz a geógrafa da Universidade de Campinas (Unicamp).

Além da chuva na Serra das Araras, os anos de 66 e 67 foram marcados por inúmeros deslizamentos na Região Sudeste, segundo os especialistas, incluindo ocorrências em Caraguatatuba (SP). “Em Caraguatatuba morreram cerca de 1 mil pessoas, e mais de 400 na Serra das Araras, mas tenho a impressão de que essa [na região serrana do Rio] é a tragédia mais significativa, porque atingiu três grandes cidades, conhecidas no cenário nacional e mundial. Se essa não é a pior tragédia, é certamente uma das maiores, principalmente porque a contagem de vítimas ainda está em andamento”, afirma o geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos.

Antônio Mattos, historiador e subtenente do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro, atuou nas enchentes de 1966 e 1967 no estado. “As enchentes de 1966 deixaram cerca de 200 mortos, e atingiram praticamente todo o estado. Em 1967, a precipitação que ocorreu na comunidade no alto da Serra das Araras, com o rompimento de barragens, causou prejuízos porque o solo estava encharcado, mas o número de mortos certamente não chegou a mil, foi muito menor, provavelmente inferior ao número de mortos na região serrana do Rio, neste mês”, diz.

Para o geógrafo Lucivânio Jatobá, professor de ciências ambientais da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a maior tragédia climática da história brasileira é mesmo a registrada neste ano. “Acredito que a maior catástrofe em termos quantitativos seja essa que estamos vivendo na Região Serrana do Rio, mas esse não é um fenômeno único e não será o último. Trata-se da associação de precipitações abundantes, em um curto período de tempo, em áreas de destruição da cobertura vegetal. Fora isso, há o fator da geologia em si. O movimento de massa ocorreria nessas áreas mesmo sem a ocupação humana”, afirma o geógrafo

A Defesa Civil Nacional afirma que não há registros oficiais sobre o número de mortos em 1966 e 1967. O órgão também afirma que não possui nenhum levantamento sobre as maiores tragédias climáticas da história do país.

Tragédia anunciada. Mesmo sem registros oficiais de dados sobre os prejuízos causados por escorregamentos de encostas, o que ambos pesquisadores concordam é que é necessário um levantamento único de informações para auxiliar na prevenção de tragédias anunciadas como a que já matou mais de 600 pessoas no Rio de Janeiro.

“As chuvas de 1967 e de agora são semelhantes. Foram muito intensas, com registros de chuva anterior, e concentradas em um espaço relativamente curto de tempo. Os escorregamentos generalizados das encostas apresentaram uma dinâmica muito

destrutiva, mobilizando solo, rochas e árvores, com alto potencial destrutivo e baixo potencial de tempo de resposta adequado", diz o geólogo Ogura.

“O grande problema é que o país está sendo pego sempre de calças curtas. Não há um plano de ação organizado e também não há informações, um estudo nacional para entender o meio e assim prevenir ocorrências como essa”, diz Lucí.

De prático, o que foi feito?



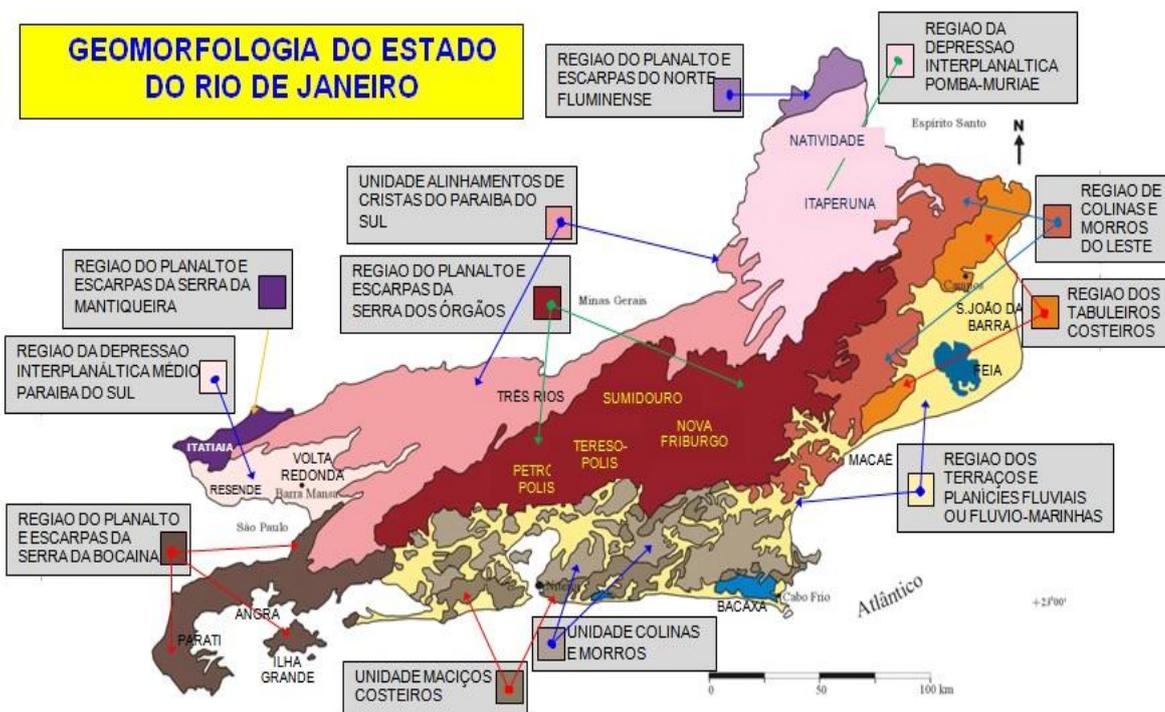
Que mais?

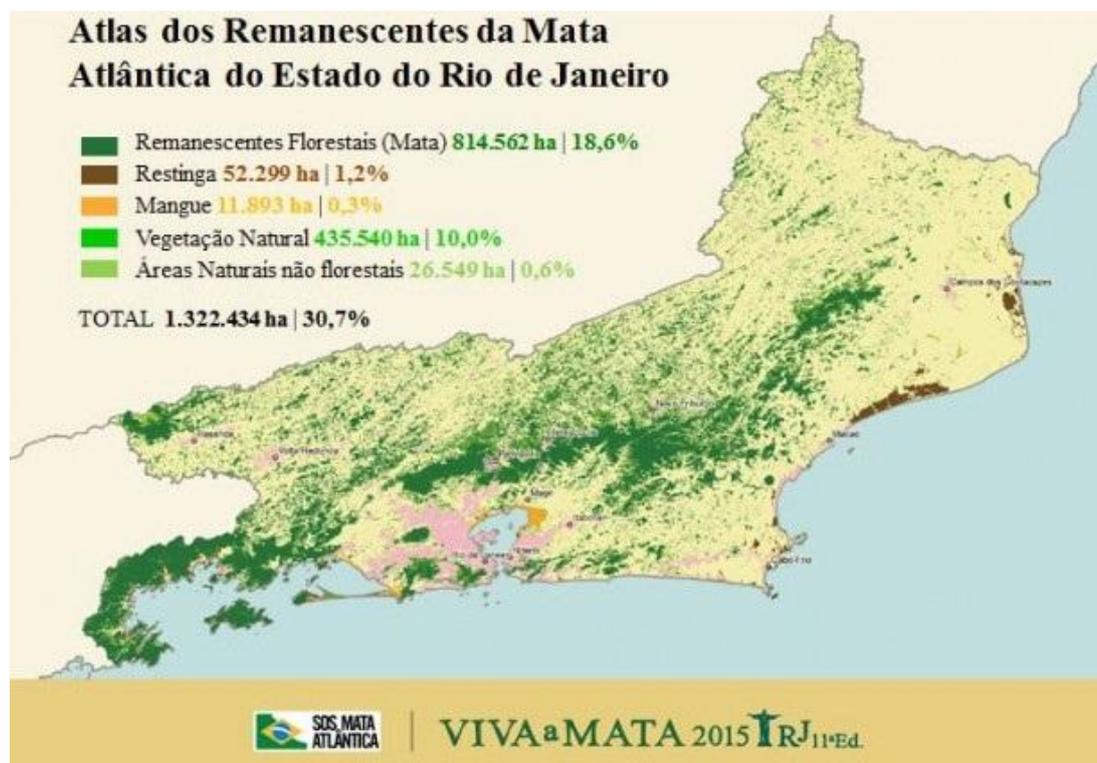


Que mais?



Entrando nos detalhes da geomorfologia do estado do Rio de Janeiro, podemos identificar as seguintes áreas:





ANGRA DOS REIS:

ESCORREGAMENTO – A camada superficial de argila, perdeu a aderência com a rocha e **ESCORREGOU** moro abaixo.

A chuva forte que desabou na Ilha Grande na noite de 31 de dezembro de 2009 impediu a queima de fogos na Pousada Sankay, na Praia do Bananal, mas não estragou a festa de réveillon. Reunidos no salão da pousada, os hóspedes jantaram, dançaram e, depois da meia noite, entraram no mar, para comemorar a chegada do novo ano. Às 3h40m do dia 1º de janeiro de 2010, a encosta atrás do hotel desabou. Toneladas de terra e pedras soterraram as instalações, matando 31 pessoas.

Sete casas nas vizinhanças também sumiram no deslizamento. No continente, a chuva fez mais estragos. Parte do Morro da Carioca, no centro de Angra dos Reis, veio abaixo. Outras 22 pessoas morreram.

Nos dois últimos dias de 2009, 220 bilhões de litros de água caíram na região, um volume que daria para encher 116 mil piscinas olímpicas. A chuva do réveillon encontrou um território já encharcado e o resultado foi uma sequência de deslizamentos. Somente na Rio-Santos, 64 encostas desabaram, interditando a rodovia.

Os bombeiros levaram dias para resgatar os corpos na Praia do Bananal. O mar, normalmente cristalino, ficou marrom de lama.

No Morro da Carioca, mais de 250 famílias tiveram que abandonar suas casas, que corriam o risco de cair. Deste total, 198 foram demolidas. Nos dias que se seguiram, a prefeitura de Angra interditou 1.747 imóveis, todos localizados em áreas sujeitas a deslizamentos.

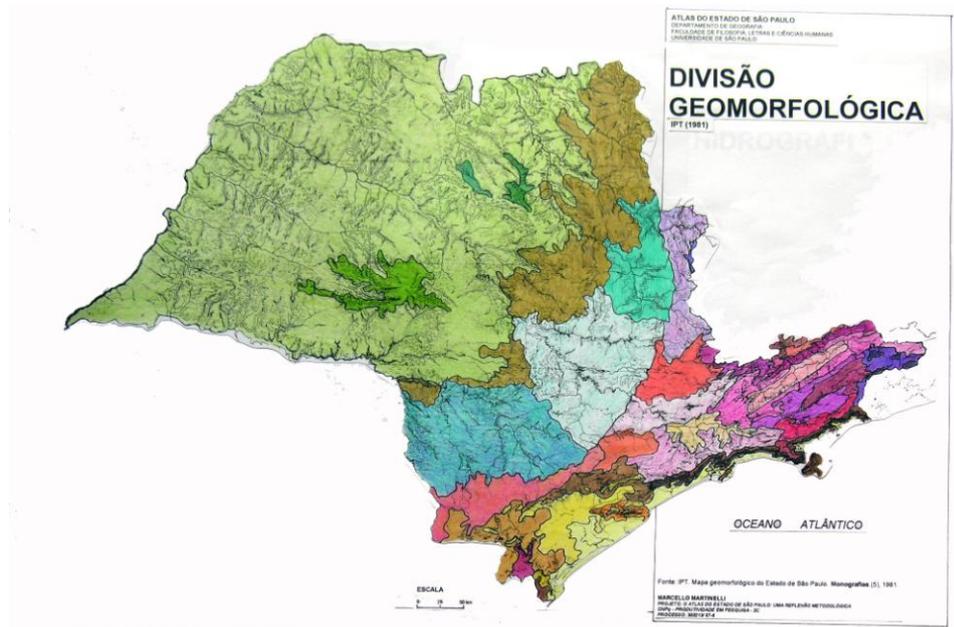
O governo federal liberou R\$ 80 milhões para a reconstrução das moradias das famílias vítimas da tragédia.

Leia mais sobre esse assunto em <http://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/na-virada-do-ano-temporal-causa-53-mortes-em-angra-dos-reis-9244851#ixzz4d1hBAXYQ>

© 2017.

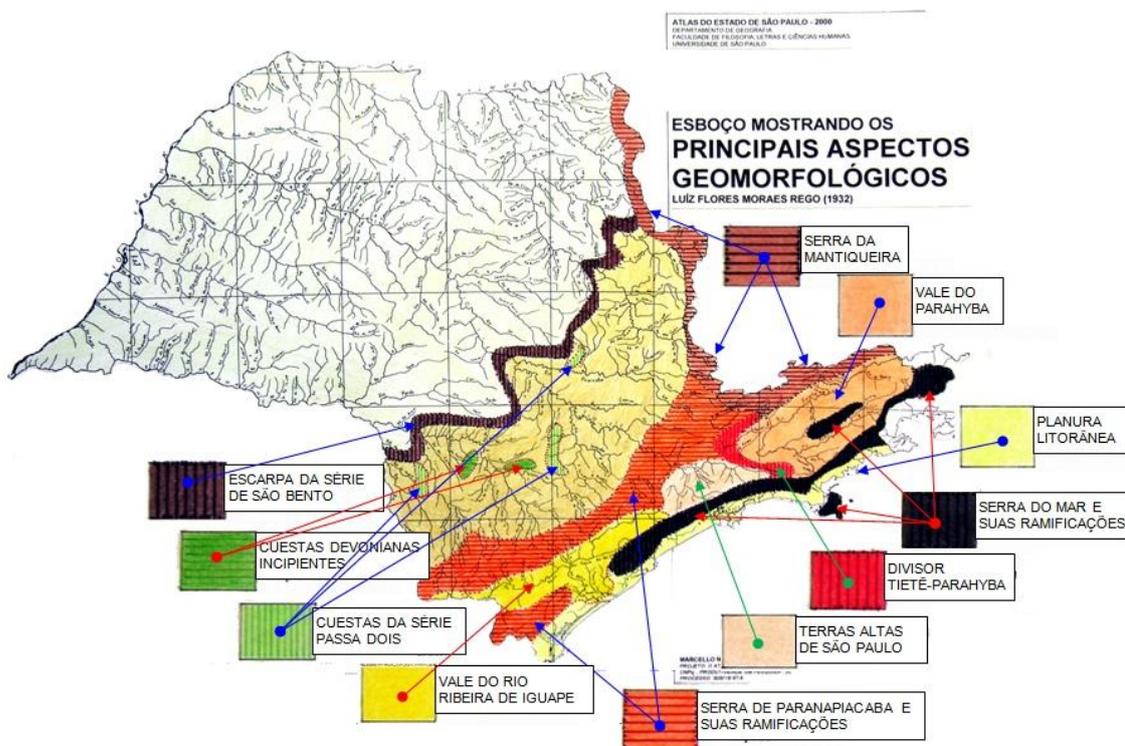


6.6 – A Geomorfologia de São Paulo



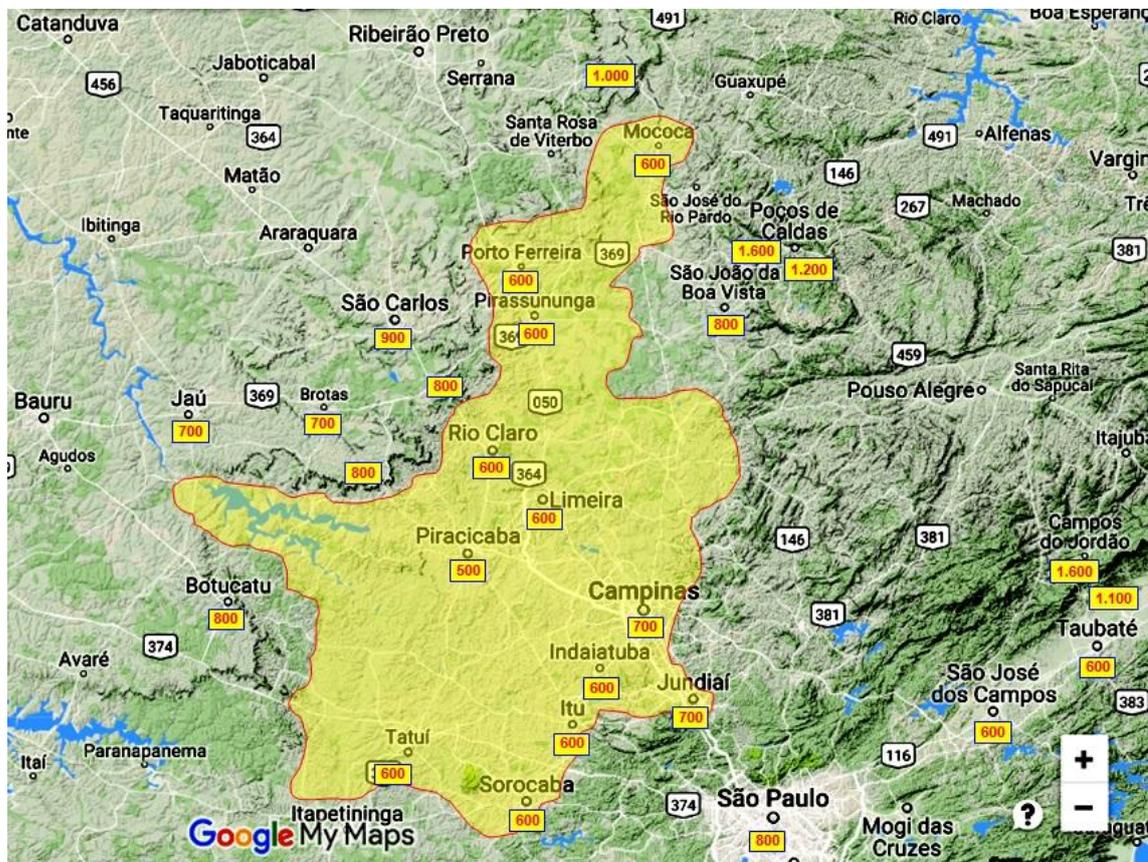
6.6.1- O Oeste Homogêneo

Toda a região oeste do estado de São Paulo é formado por centenas de derrames de basalto que, no subsolo formam os lençóis Artesianos e na superfície a Terra Roxa.



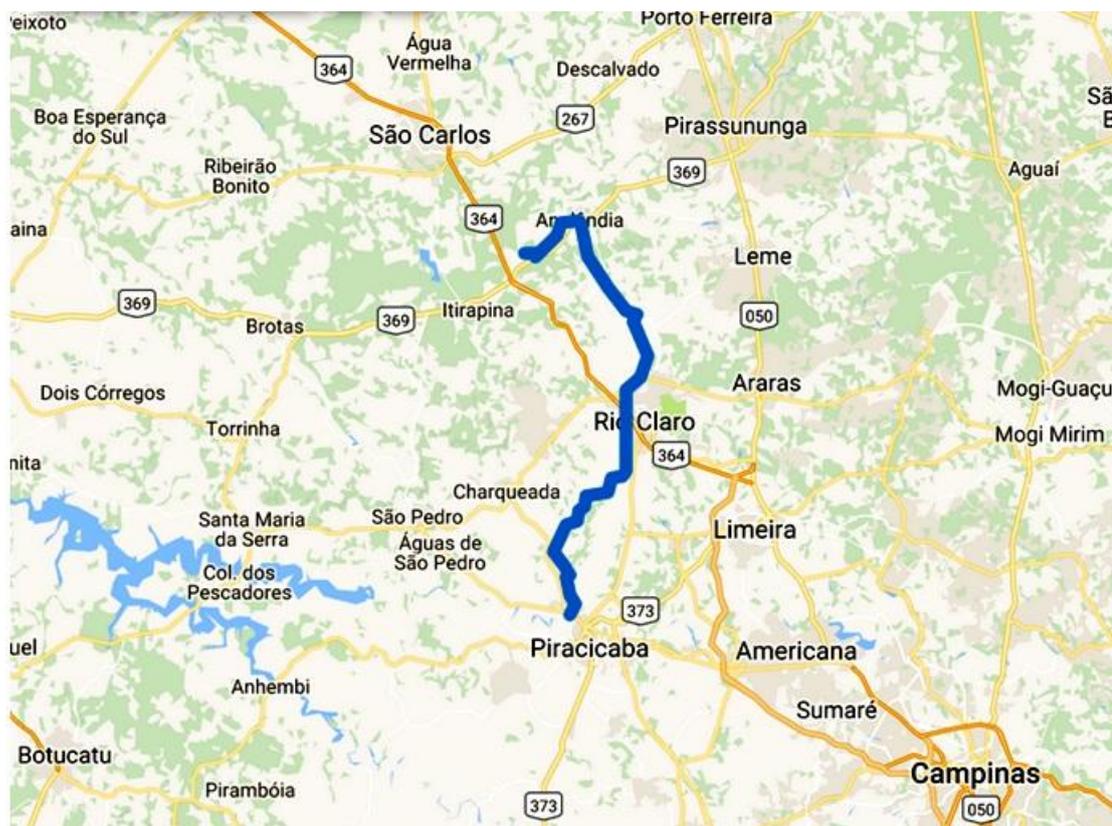
6.6.2- A Depressão Campinas

Ao analisarmos a geologia do estado, o que chama mais a atenção é um grande buraco, conhecido como Depressão Campinas.

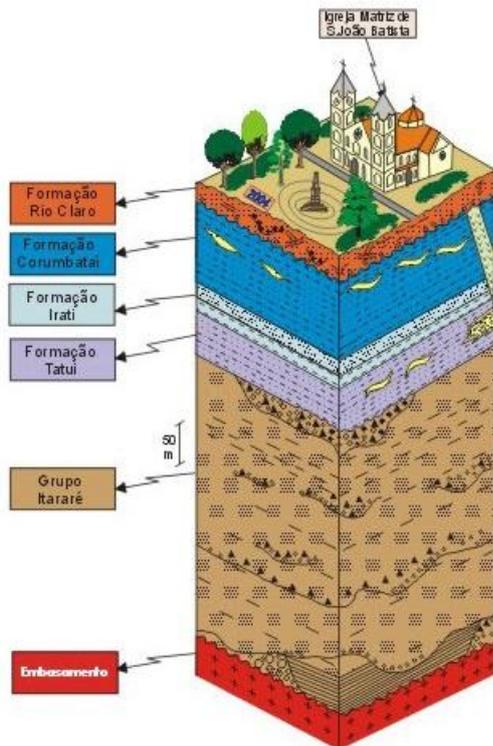


A bacia do rio Corumbataí, nas proximidades de São Carlos, mais precisamente em Analândia reuni as mais diversificadas e curiosas formações geológicas, das quais podemos citar: Formação Botucatu, Formação Irati, Formação Rio Claro, Formação Tatuí e outros.

Caracterizam-se pelo empilhamento ocorrido ao longo das eras geológicas.



Vale a pena apresentar o resultado de um levantamento geológico profundo realizado no largo da matriz de Rio Claro.



Que apresenta o seguinte perfil geológico:

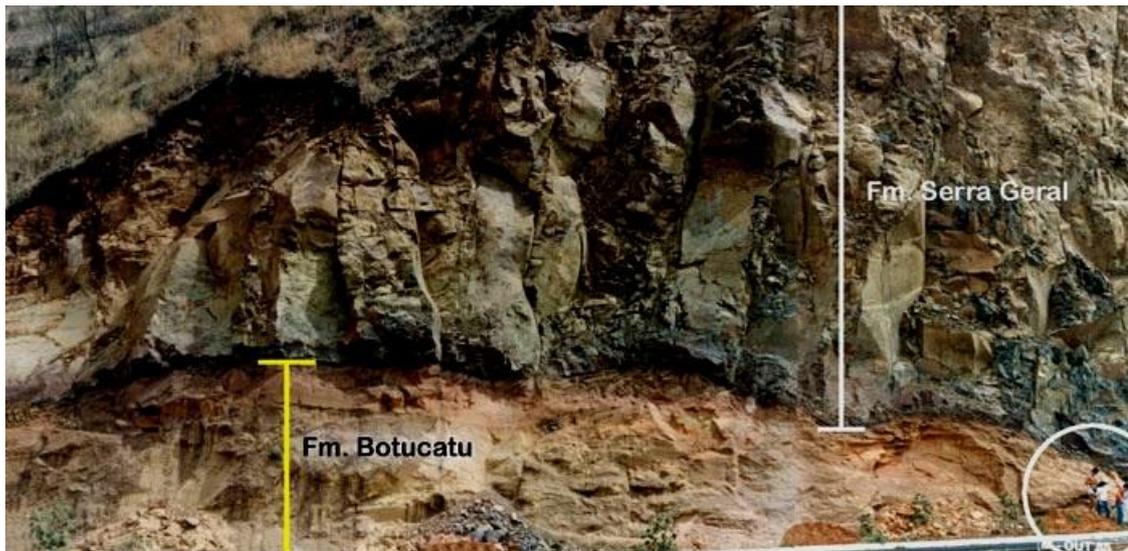
COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO DE RIO CLARO/LIMEIRA/PIRACICABA (SP)							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CEZOZOICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NIVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE	CONTINENTAL - PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRE. COLUVIÕES
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E ARENITOS SILICIFICADOS/FERRICRETES	CONTINENTAL: LEQUES ALUVIAIS, FLUVIAL E LACUSTRE
MESOZOICA	CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL		100	DERRAMES DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE, DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO	MAGMATISMO FISSURAL
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	ARENITO COM GRAOS BEM ARREDONDADOS E BEM ESFERICOS, POUCA ARGILA	CONTINENTAL: DESÉRTICO
	TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA		150	ARENITO COM GRAOS ARREDONDADOS E ESFERICOS, DIVERSOS NIVEIS DE LAMITOS	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
			PASSA DOIS	CORUMBATAI		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS, SILTITOS, ARENITOS FINOS, NIVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMITICOS E COQUINAS MATERIA-PRIMA PARA INDÚSTRIA CERÂMICA
PALEOZOICA	PERMIANO	IRATI	Mb. Assistência		40	FOLHELHOS, SILTITOS, FOLHELHOS PIROBETUMINOSOS, CALCÁRIOS DOLOMITICOS	TRANSICIONAL: LAGUNA MARINHO RASO: PLATAFORMA
			Mb. Taquaral				
		TATUI		50	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS	TRANSICIONAL: PLANÍCIE COSTEIRA MARINHO RASO: PLATAFORMA	
PALEOZOICA	CARBONIFERO	ITARARÉ	Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMICTITOS (ALGUNS VERDADEIROS TILITOS) RESERVATORIOS DE AGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS PROFUNDOS	CONTINENTAL (GLACIAL): ALLUVIAL - LEQUES E FLUVIAL; LACUSTRE TRANSICIONAL: DELTAS MARINHO (GLACIO-MARINHO): PLATAFORMAL
			EMBASAMENTO			GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

Perinotto & Zaina (2008), mod. de Soares & Landim (1975)

Figura 5: Coluna estratigráfica da bacia do Paraná na porção central do Estado de São Paulo.

Observe as espessuras das camadas. Até chegar na rocha original de 600 milhões de anos atrás, precisaremos cavar 1.570 metros

Veja detalhe da interface entre a Serra Geral e a Formação Botucatu:



Ainda na Depressão Campinas, temos monumentos testemunhos de eras antigas como o Morro do Cuscuzero em Analândia que atesta que toda aquela região da depressão chegou a ocupar cotas de nível bem mais elevados e que a erosão intensa foi rebaixando, rebaixando, rebaixando . . .

Morro do Cuscuzero em Analândia-SP é testemunho do que andou acontecendo por aqui nos últimos 500 milhões de anos.



Dependendo do local, encontramos uma variedade de misturas de eras geológicas de modo que uma casa pode estar assentada, num dos lados, sobre rocha antigas e o outro lado sobre rochas mais recentes.



Veja detalhes do Solo Laterítico sobre Solo Saprolítico:

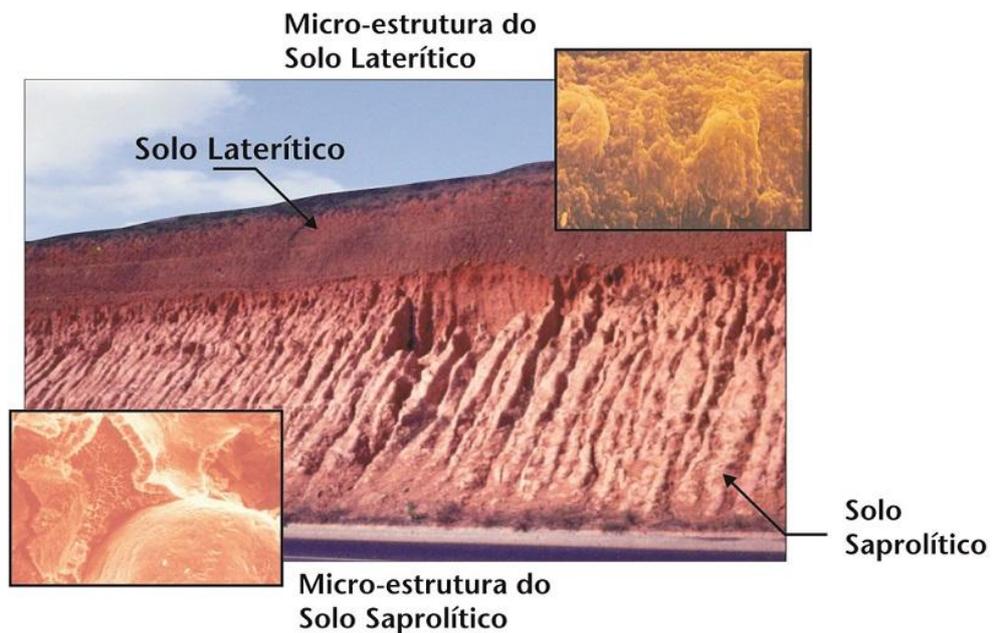


Figura A.3 Corte rodoviário, com camada laterítica sobrejacente a camadas saprolíticas de origem sedimentar, com as correspondentes microfábricas.

fonte: www.portaldetecnologia.com.br

SOLO LATERÍTICO:

Em latim, LATER = TIJOLO.

Solo superficial típico de áreas bem drenadas de regiões tropicais úmidas, resultantes de uma transformação da parte superior do solo pela atuação do intemperismo, processo este denominado *laterização*.

A característica mais marcante no processo é o enriquecimento do solo com óxidos hidratados de ferro ou alumínio e a permanência da caulinita. Estes minerais conferem ao solo a coloração típica: vermelho, amarelo, marrom e alaranjado.

SOLO SAPROLÍTICO:

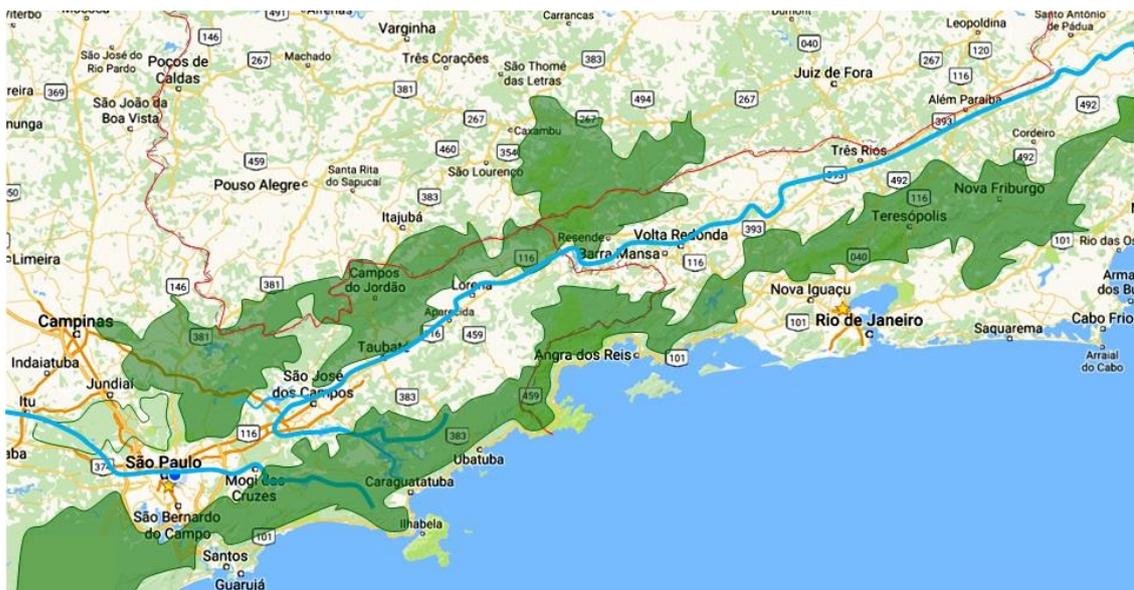
Em grego, SAPRO = PODRE.

Decomposição da rocha matriz pela ação das intempéries e permanecem no mesmo lugar em que se encontravam em estado pétreo.

Material, em geral, bastante heterogêneo e constituído por uma mineralogia complexa contendo minerais ainda em fase de decomposição.

6.6.3- A Serra do Mar

A Serra do Mar, na região do estado de São Paulo, é constituída pelo gnaiss formado nos choques das placas tectônicas da América com a da África.



Sobre o maciço duro de gnaiss, formou-se um revestimento de argila com espessura de 30 metros em média.

Esta camada de argila não possui uma aderência firme com o gnaiss e ocorre desprendimentos, a camada de argila se solta da rocha onde ela deveria estar presa.

Isto é o que aconteceu no Desastre de Caraguatatuba. O Tragédia está entre os maiores desastres naturais do país; 450 morreram, parte da Serra do Mar deslizou sobre a cidade no dia 18 de março de 1967.

Passado meio século, as lágrimas escorrem no rosto de Dona Vera Lúcia ao se lembrar do dia, quando, praticamente toda uma cidade também escorreu pela Serra do Mar. Foi na manhã do dia 18 de março de 1967. Dona Vera estava na mesma casa onde mora hoje, no sopé do morro do Benfica, em Caraguatatuba. O local foi um dos mais de dez bairros atingidos atingido por um dos maiores deslizamentos de terra já registrados no Brasil. “Eu vi o morro descer. Lembro exatamente de tudo, foi horrível”, conta Vera.

Segundo a prefeitura de Caraguatatuba, o desastre, conhecido como hecatombe, deixou cerca de 450 pessoas mortas, segundo registros oficiais. Outras três mil pessoas perderam suas casas. “Chovia há dias sem parar. Eu estava saindo de casa, com duas amigas, quando a lama começou a descer. Eu fiquei no meio de toda aquela lama e não sai dali o dia todo. Tentei ajudar a salvar muita gente, mas não consegui”, lembra dona Vera ao mesmo tempo em que parece querer esquecer a cena vivida.

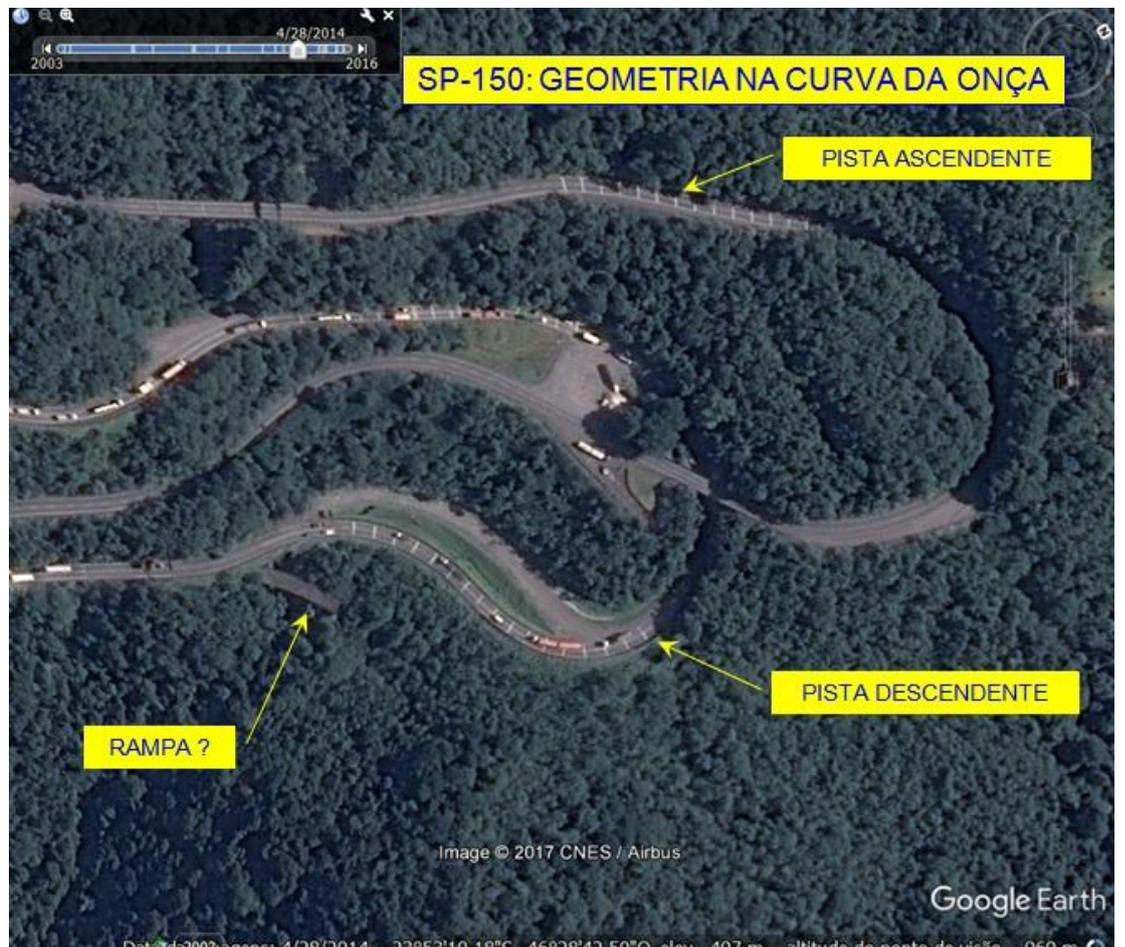
Naquela data, foram 13 horas seguidas de chuva e deslizamentos. "Eu pisava na lama e acabava pisando até na cabeça, no corpo de alguém. Eu sabia que tinha gente embaixo da lama e tentava ajudar". Cerca de 30 mil árvores desceram das encostas dos morros em torno de Caraguá, destruindo, inclusive, parte da antiga rodovia dos Tamoios. A cidade ficou ilhada por três dias, sem luz e sem energia, virando manchete nos principais jornais do país.

Outro aspecto crítico mas que passa despercebido pela população é o Deslizamento Lento existente no trecho em que passa a Via Anchieta.

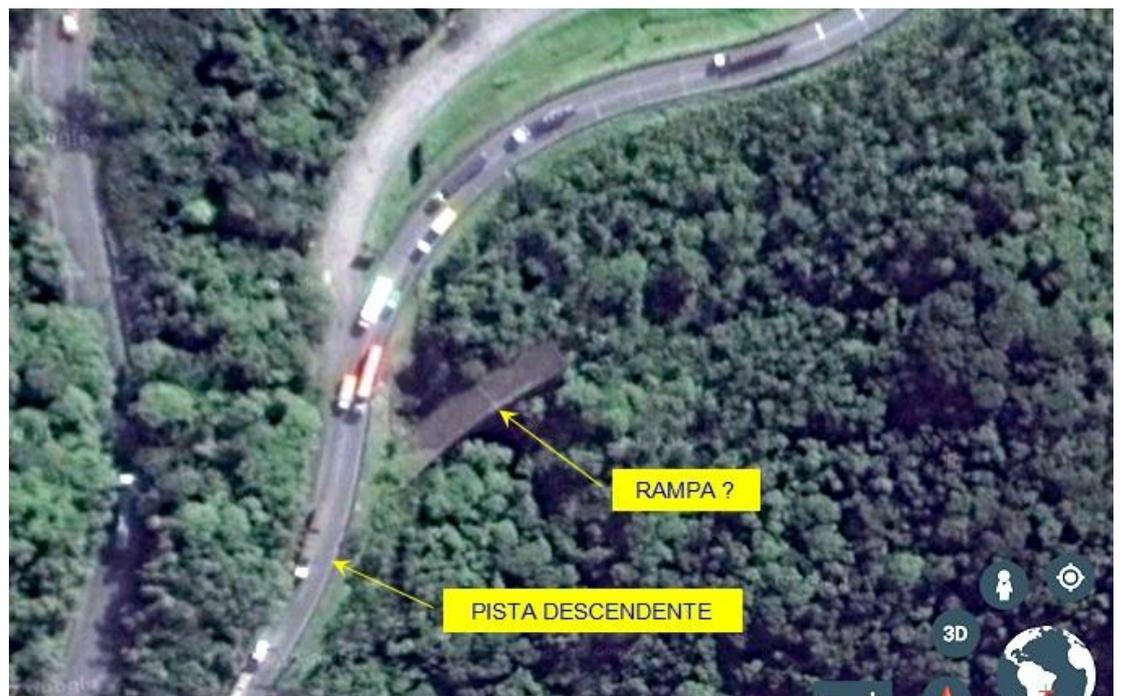


Trata-se da região em torno da Curva da Onça, onde ocorre um deslizamento lento da camada de argila que recobre o rochedo sólido da Serra do Mar.

Pela foto de satélite do Google é possível visualizar os inúmeros traçados sofridos, em especial pela pista descendente.



Existe um pedaço de um viaduto que sai da pista e está voltado para o “nada” e mais parece uma Rampa de Lançamento de Foguetes.



Veja uma vista do Google Street:



A Rodovia dos Imigrantes, construída na década de 70 é a primeira rodovia, no mundo, com preocupação ecológica e procurou causar o menor dano possível na Serra do Mar, não só para a Vegetação como também para os Animais.

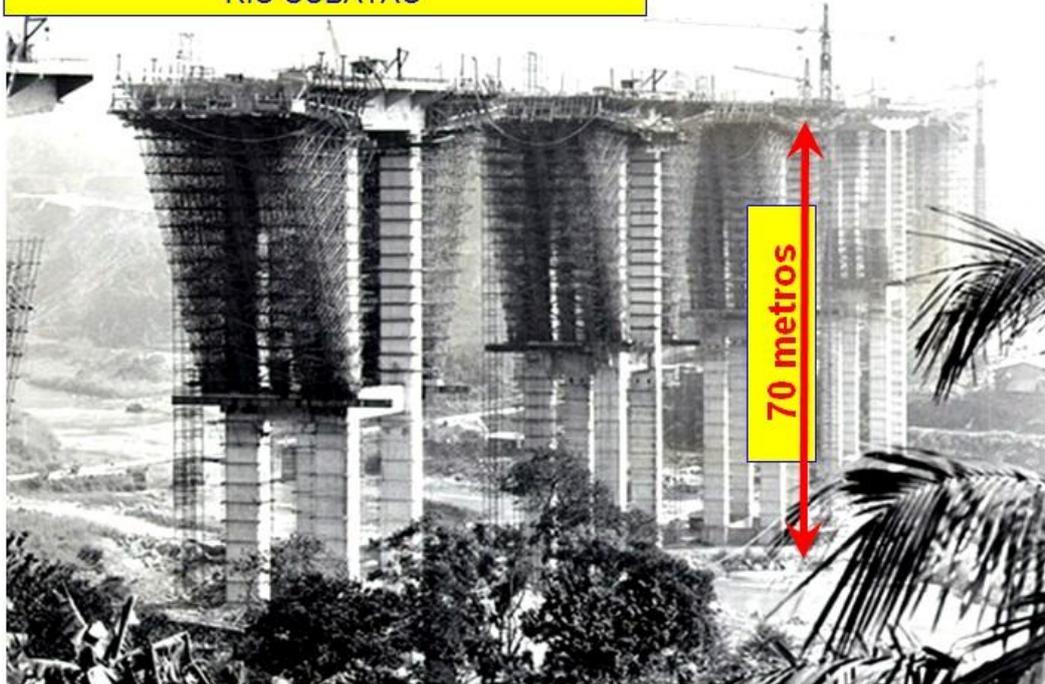
Diferentemente da Via Anchieta que é totalmente sobre a superfície e que por isso bloqueia e impede a livre circulação dos animais silvestres que costumam dormir nos lugares altos e alimentar nos lugares baixos, na beira de rios, a Rodovia dos Imigrantes tinha como Diretriz a preservação do meio ambiente. Isso nos idos de 60-70 quando a palavra “ecologia” nem era conhecida no mundo.



O viaduto mais crítico, do ponto de vista da vida dos animais foi o viaduto sobre o Rio Cubatão, fonte natural (era) de alimentos pois era farto de peixes,

inclusive marinhos que vinham desovar nas nascentes. Para que nem o ruído dos caminhões (visto que a Rodovia dos Imigrantes era parte do Corredor de Exportação do Porto de Santos) pudesse assustar e afugentar os animais, o vão livre, entre o tabuleiro e o nível do chão tem 70 metros de altura.

SP-160: CONSTRUÇÃO DO VA-19 SOBRE O RIO CUBATÃO



Construção da Rodovia dos Imigrantes nos anos 60.

Imaginem os desafios que foram enfrentados, naquela época (1970), de escoramento, transporte de concreto, de equipamentos e de pessoal.

Passando para o estado do Rio de Janeiro, a Serra do Mar sofreu intenso falhamento com formação de Horst e Grabens que resultaram em monumentos magníficos como o Pão de Açúcar, o Corcovado, a Pedro do Sino.

Veja uma vista “clássica” do Pão de Açúcar:



Uma vista do Morro da Urca:



O Dedo de Deus é um pico localizado a 1.692 metros de altitude na Serra dos Órgãos:



Lembrem-se que são todos bolhas de gnaiss que foram expostos pela erosão produzida pelas intempéries.

6.6.4- A Serra da Mantiqueira

A Serra da Mantiqueira tem origem no grande fraturamento ocorrido ao longo da Serra do Mar quando toda a massa de granito da placa tectônica da América começou a se afastar da placa africana.



Falhas imensas cortaram, verticalmente, a mistura de gnaiss e granito ainda mole abrindo um grande cânion.

Testemunhos dessa época podem ser encontrados ao longo de toda a Serra da Mantiqueira como a Pedra do Baú em São Bento do Sapucaí, próximo dos Campos do Jordão:

De longe parece mesmo um baú:



Mas de perto, podemos admirar e examinar a sua constituição geológica:



Outra maravilha é o Pico das Agulhas Negras em Resende. Estando a 2.791 metros de altitude é a quinta montanha mais alta do país.

Sendo afetado pelo intenso fraturamento ocorrido ainda quando mole, a grande rocha parece que foi “fatiada”.



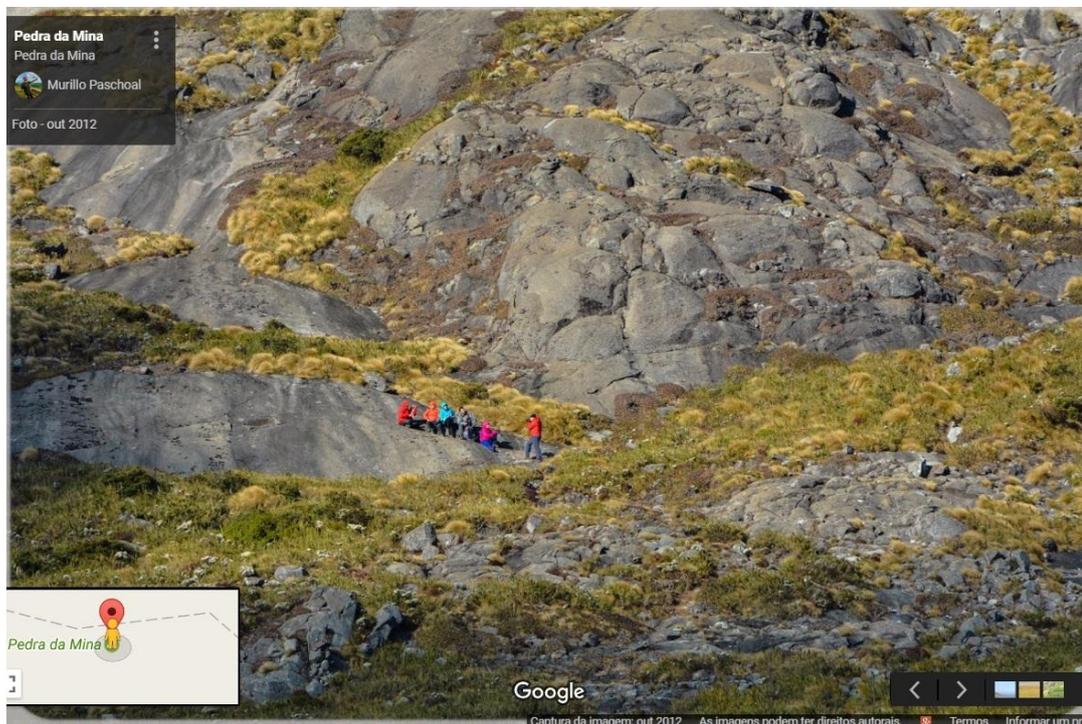
Entrando no estado do Rio de Janeiro, a Serra dos Órgãos, assim como o maciço da Tijuca são blocos falhos, isto é, resultante do falhamento que resultaram em Horst e Grabens que é o caso da Baixada Fluminense.

Mantiqueira é um termo de origem tupi que significa “gota de chuva” e com isso fica clara a função dela como fonte de água.

Seu ponto mais alto situa-se a 2.798 metros de altitude e é conhecido como Pedra da Mina, que fica perto de Cruzeiro-SP:

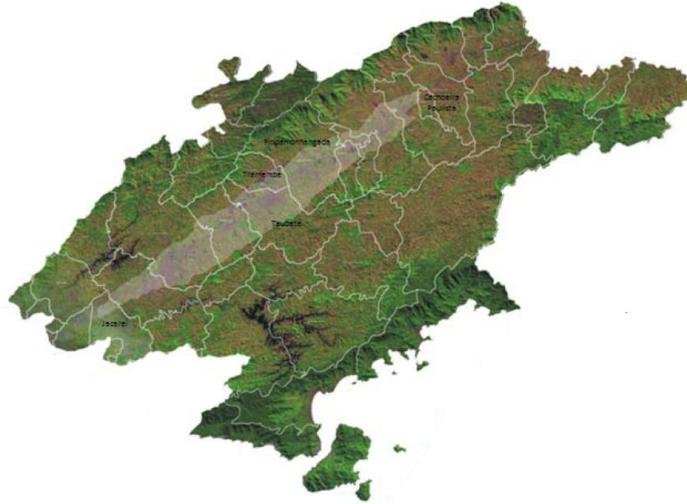


Puro gnaïsse:



6.6.5- A Formação Tremembé

Entre as cidades de Jacareí e Cachoeira Paulista com uma largura média de 15 km, mais largo entre Tremembé e Pindamonhangaba (25 km) e com cerca de **700 metros de profundidade** está a Bacia Sedimentar de Taubaté



Formada por sedimentos de folhelhos pirobetuminosos, cobertos por arenitos argilosos, preenchem parcialmente a fossa tectônica do Vale do rio Paraíba formada na época do Terciário (entre 60 e 3 milhões de anos).

Parece existir “*pacotes*” sedimentares distintos formados (depositados) em eras distintas, alguns ricos em fósseis principalmente nas cidades de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba. Há extração comercial à procura de argila montmorilonítica.

Além dos xistos, já mencionados, há depósitos de matéria orgânica.

Macrofósseis vegetais, constituídos por esporos e pólenes das famílias: Nymphaeaceae, Lauraceae, Typhaceae, Phytolaccaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Malvaceae, Anacardiaceae, Logniaceae, Apocynaceae, Nelumbonaceae e Sapindaceae.

É possível imaginar um **lago constituído por plantas flutuantes** sobre águas lânticas (paradas) e nas encostas vegetação ombrófila densa montana.

Entre os invertebrados foram identificados esponjas, crustáceos, insetos e moluscos.

Expedições coletaram restos de crocodilos de pequeno e de médio portes

Dentre os vertebrados, os peixes são os fósseis mais abundantes não se descartando as tartarugas e serpentes.



Fig.6. Fóssil *in situ* de mandíbula de mamífero Leontiniidae (*Taubatherium paulacoutoi*), encontrado nas camadas de argila montmorilonítica da Formação Tremembé. Foto cedida por H. Alvarenga.

Muitas transformações, mutações e metamorfoses ocorreram ao longo das eras geológicas mas as mais significativas estão concentradas no período entre 40 e 20 milhões de anos.

Não é intenção nossa enveredarmos pelos caminhos da paleontologia, porém ela nos acena com a formação bastante complexa do solo do Vale do Paraíba que foram habitados por animais de médio porte:



Que formaram depósitos na forma de camadas de material orgânico:



Fig.3. Frente de exploração da Extrativa Santa Fé, em 2005. É possível observar na Fm. Tremembé os diferentes níveis de folhelhos (em azul), tendo na base a camada de argila esverdeada (em vermelho). Foto: H. Alvarenga.

6.6.6- A Soleira Arujá

No período seco do Terciário, no início do Mioceno, há 23 milhões de anos, os sucessivos derrames de basalto no oeste de São Paulo e Paraná, produziram um sobrepeso sobre a placa tectônica produzindo um giro com o surgimento de uma longa trinca, processo conhecido como Compensação Isostática.



Além de produzir a Depressão Campinas, essa grande trinca foi seguida de intenso processo de falhamento, preenchimento das falhas com sedimentos. As falhas permitem a penetração de água da chuva que, atingindo grandes profundidades e dissolvendo no caminho sais minerais que agregam certas propriedades medicinais, propiciaram o surgimento de povoados para onde as pessoas acorriam à procura de terapias.

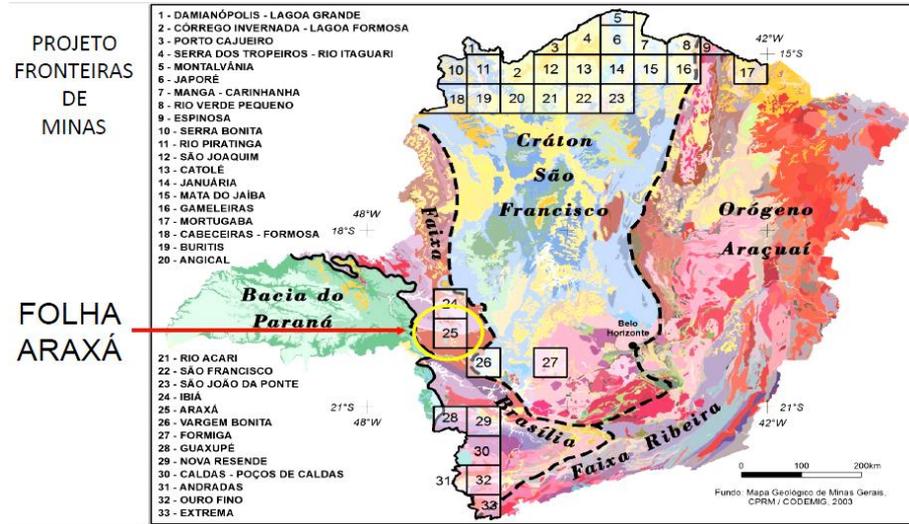
6.6.6.1- As Folhas de Araxá

Araxá é o ponto de encontro de diversas falhas geológicas que ocorreram muitas vezes ao longo das eras geológicas seguidas de fraturas produzidas pelos intemperismos que resultaram na formação de muitos diques preenchidos por rochas encaixantes, ora por rochas magmáticas ora por sedimentos depositados.

O topônimo "Araxá" significa terreno elevado e plano, planalto, chapadão, região mais elevada do que qualquer sistema orográfico.

Araxá tem na sua formação geológica riquezas minerais como as águas sulfurosas e radioativas, o nióbio e a apatita. Na Bacia do Barreiro, viveram mamíferos pré-históricos há milhares de anos.

Veja a variedade de combinações nesta região:



Existem muitas explorações econômicas.



Graças aos inúmeros conglomerados geológicos, Araxá é premida com diversos tipos de águas que emergem naturalmente do solo com águas radioativas, sulfurosas e outros tipos de propriedades, muitas delas terapêuticas.



Conjunto das Termas e do Grande Hotel de Araxá, projeto do arquiteto Luiz Signorelli inaugurado em 1944, visto do lago do Parque do Barreiro.

6.6.6.2- As Águas de Poços de Caldas

Com área aproximada de 800 quilômetros quadrados, a região é considerada um dos maiores complexos formados exclusivamente por rochas nefelínicas.

Possui forma elíptica, com 35 Km no sentido NE-SW e 30 Km no sentido NW-SE, e ainda, um "stock" de foiaíto com cerca de 10 quilômetros quadrados. À W limita-se com a bacia sedimentar do Paraná e à E com os contrafortes da serra da Mantiqueira.

O maciço está encaixado entre o **granito** e **gnaisse**, que nos quadrantes SE e, em menor escala, no quadrante NW, foi afetado metassomaticamente pelo processo de *fenitização*, principalmente ao longo da direção de xistosidade. No quadrante NW, o fenito é de cor cinza esverdeada e no quadrante SE sua cor é vermelha.

O maciço é constituído principalmente por rochas **nefelínicas**, **tinguaítos** e **foiaítos**, mas possui em seu interior **rochas anteriores** à *intrusão alcalina*. São sedimentos e rochas ígneas formadas por tufos, brechas, aglomerados e magma ankaratríticas. Os sedimentos acompanham o contato com o gnaisse e afloram em maior extensão nas áreas W e S do complexo.

A base do pacote sedimentar consta de camadas **argilo-arenosas**, com **estratificação horizontal** e o topo é formado por **arenitos** com **estratificação cruzada**. Acha-se perturbados e mergulham, no geral, para o interior do maciço.

Sobre os sedimentos foram depositados brechas, tufos e lavas, que formam uma faixa contínua no bordo N-W. Nas brechas predominam fragmentos de **sedimentos**, gnaíse, diabásio e lavas. O cimento é rico em quartzo detrítico arredondado.

Na diagênese, a ação de soluções hidrotermais é evidenciada pelo aparecimento de biotita autógena em um feltro de microcristais de aegerina e apatita. No cimento, a calcita secundária é muito comum, chegando a substituir parcial ou totalmente o quartzo. O magma ankaratrítico, quase sempre em espessos derrames, formam frequentemente aglomerados. Vestígios de rochas ígneas são encontrados em quase todo o bordo interno, indicando que a atividade magmática abrangeu grande área. Após essa atividade vulcânica formaram-se fonolitos, tinguaiços e foiaços, com frequentes passagens de um tipo de rocha a outro. Os tinguaiços constituem a maior área do complexo e apresentam grande uniformidade.

Em algumas áreas, principalmente nas proximidades de Cascata, afloram variedades com pseudoleucita e analcita. Os foiaços são intrusivos no tinguaiço, mas a "mise-en-place" provavelmente deu-se contemporaneamente, sugerida pela passagem, não raro gradual de uma rocha a outra. Além dos vários tipos de foiaços, equigranulares e traquitóides, afloram em pequena extensão lujaurito e chibinito.

No mecanismo da intrusão, é admitido o levantamento de blocos do embasamento cristalino, que precedeu a movimentação magmática. Durante ou após essas atividades, deu-se o abatimento da parte central com formação de fendas radiais e circulares, que permitiram a subida do magma. A existência, mesmo no atual estágio de erosão, de pequenas áreas de material magmático perturbado pela intrusão, indica que o abatimento não foi total, tendo parte do teto servido de encaixante para a formação dos tinguaiços e diferenciação de foiaços.

Na periferia formou-se o grande dique anelar de tinguaiço, com mergulhos verticais ou quase verticais, de espessura variável, formando um anel quase completo.

A dedução da forma geométrica da intrusão de tinguaiços da parte central do maciço é dificultada pela grande homogeneidade mineral e textural das rochas. O abatimento iniciou-se no centro, onde a intensidade deste fenômeno deu-se em maior escala, sendo anterior à formação do dique anelar. Evidenciando este fato, observamos no interior do dique numerosos xenólitos de rochas do interior do maciço.

Finalizando os eventos magmáticos na região, deu-se a intrusão dos foiaços sob a forma de diques menores cortando o grande dique anelar. A sequência das intrusões parece ser do centro para a periferia, contrariando a observada na maioria das intrusões alcalinas.

O planalto é formado de duas áreas geomorfologicamente distintas: a maior, com drenagem anelar e a menor, com relevo entre juventude e maturidade, na qual predomina a drenagem radial.

É provável que parte do sistema de drenagem obedeça às direções principais de diaclases.

Após a atividade do magma alcalino, ocorreram falhamentos em grande área, das quais o principal formou o "graben" E-W que tangencia o bordo sul do complexo.

Os recursos minerais são representados por jazidas de bauxita e de minerais zirconíferos como zircão, caldasita, badeleyta, nos quais há teores variáveis de urânio, e os depósitos de tório são formados a partir de fenômenos ligados a processos hidrotermais, que destruíram os minerais primários e possibilitaram a posterior precipitação em fendas.

6.6.6.3.2- A Separação da Serra da Cantareira

Outra das consequências produzidas pela Compensação Isostática foi a separação de parte da Serra da Mantiqueira dando origem à Serra da Cantareira.

A estrada Guarulhos-Nazaré forma o talvegue dessas duas serras.

Usado pelos bandeirantes como ponto de preparo de suas Bandeiras e dentre os inúmeros bens que eram estocados para a longa jornada havia a água que eram guardadas em recipientes denominados Cântaros. Os cântaros cheios de água ficavam dispostos em prateleiras denominadas Cantareira, daí o nome da serra.

Possui, ainda, uma cobertura vegetal de Mata Atlântica, ainda.

Estando muito próxima da região urbanizada da cidade de São Paulo (apenas 20 quilômetros do Marco Zero) é constantemente invadida pela expansão urbana e o hoje com a construção Trecho Norte da Rodovia Mário Covas parece que estará fadada ao desaparecimento mesmo por que as dezenas de leis e decretos proibindo construções não são obedecidas.

6.6.6.4- As Praias da Ilha Bela

Consultando a tese de mestrado Raquel Prochoroff

(<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44144/tde-02102014-091215/pt-br.php>) podemos ver a riqueza e variedade das formações geológicas que Ilha Bela oferece, tudo separado e catalogado em praias distintas.

A Ilhabela se compõem basicamente de quatro destes corpos (stocks) plutônicos, chamadas "Canas", "Serraria", "São Sebastião" e "Mirante". Eles estão principalmente formados por rochas sieníticas que são rochas com abundancia de feldspato alcalino, um mineral do grupo dos tectosilicatos que forma aproximadamente 60% da crosta terrestre – Brasil Tours / Mountain Bike.



Figura 4.1.7a - Pedra do Sino, ao final da passarela. Pode-se observar que suas bordas estão lascadas devido aos golpes repetidos de marreta dadas pelos turistas.



Figura 4.4.3a - Areia Vermelha na Praia da Figueira. Trata-se de grande concentração da pedra Granada (Foto: Christine Bourotte)



Figura 4.5.4 - A alta concentração de minerais pesados opacos e simi opacos conjugada a minerais transparentes de cores mais escuras, como a homblenda marrom e a homblenda verde, faz com que a areia tenha grandes porções com aparência bastante escura.



Figura 4.5.5 - Zona de tormenta da Praia de Enchovas, coberta de seixos e blocos de tamanhos e tipos litológicos diversos.



Figura 4.5.6a – Bloco de granito porfiritico cortado por um veio de quartzo, de cerca de 35 cm em seu eixo longitudinal e arredondado pelo retrabalhamento das ondas na zona de tormenta.



Figura 4.5.6b – Seixo de basalto bem retrabalhado, com 5 cm x 11 cm de dimensão, apresentando cristais sub-centimétricos de plagioclásio. Indicado pela seta vermelha da escala, um cristal geminado.

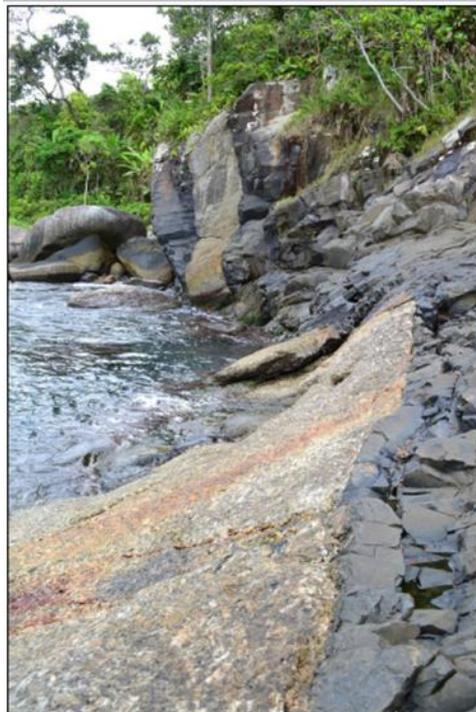


Figura 4.5.7 - Contato entre granito porfiritico e gabro, no ponto além do alinhamento de rochas que marca o final leste da Praia de Enchovas, já no início do costão rochoso (Foto: Erick Mota)



Figura 4.6.2 - O Buraco do Cação. A altura deste paredão é de aproximadamente 60 metros e a separação entre as partes, no ponto mais alto, é de cerca de 5 metros.

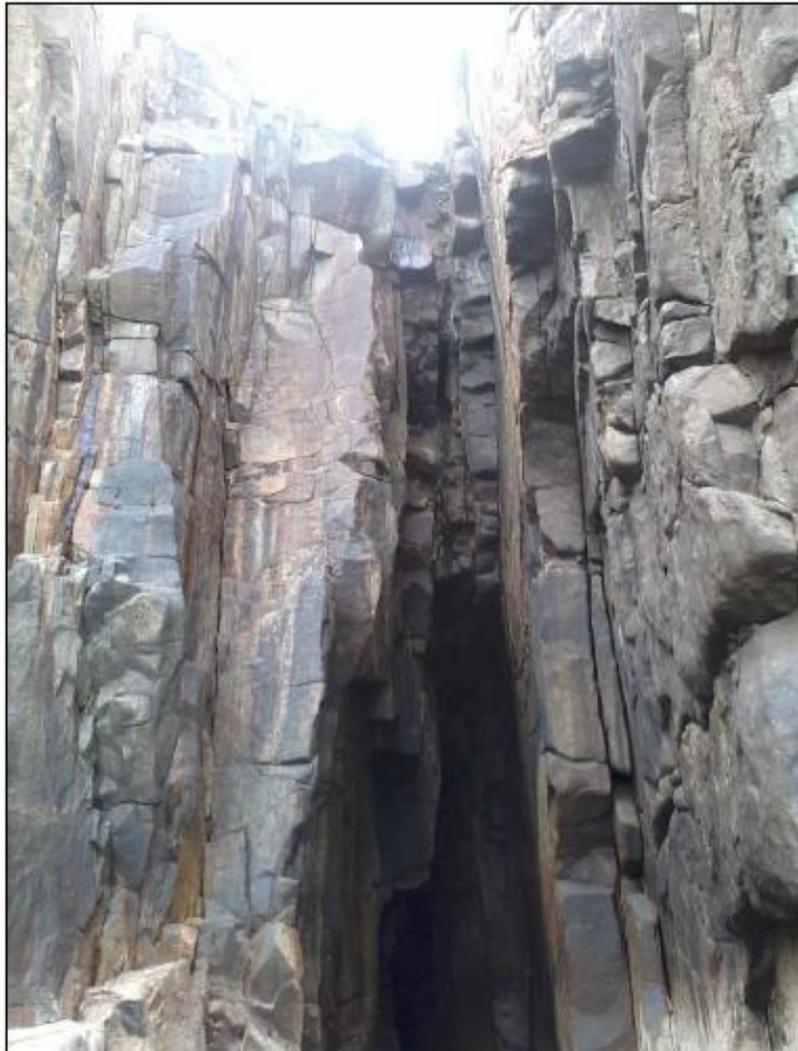


Figura 4.6.5a - Vista da parte superior do Buraco do Cação. A direção preferencial de fraturas, NE/SO, condiz com a dos outros sistemas de diques e fraturas da ilha.
(Foto: Fernanda Palhares)



Figura 4.6.6a - A disposição dos blocos no topo do Buraco do Cação sugere que a rocha era um bloco único, que fraturou em duas direções quase ortogonais entre si, por onde os agentes de intemperismo agiram.



Figura 4.5.6b - A fratura da rocha segue preferencialmente direções quase ortogonais entre si, e o intemperismo molda blocos de rochas que se assemelham a cubos de arestas arredondadas.
(Foto: erick Mota)

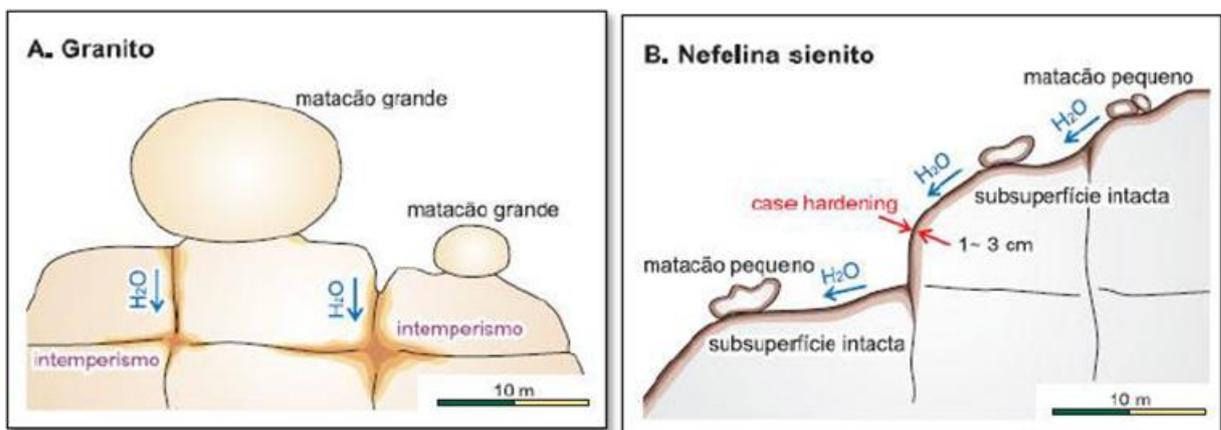


Figura 4.6.7 – As diferenças do intemperismo em rochas graníticas e nefelina sieníticas: A) No granito, a água se infiltra ao longo de fraturas de resfriamento magmático; B) na nefelina sienito, ocorre o *case hardening*, que protege o interior da rocha do intemperismo superficial. (MOTOKI et al, 2008)



Figura 4.7.5 - Contato retilíneo entre o dique e a rocha encaixante (esquerda). À direita, feição de borda no dique (chifre), indica o fluxo magmático (para a esquerda, na foto) na ocasião em que o dique se instalou. (Foto: Maria da Glória Motta Garcia).

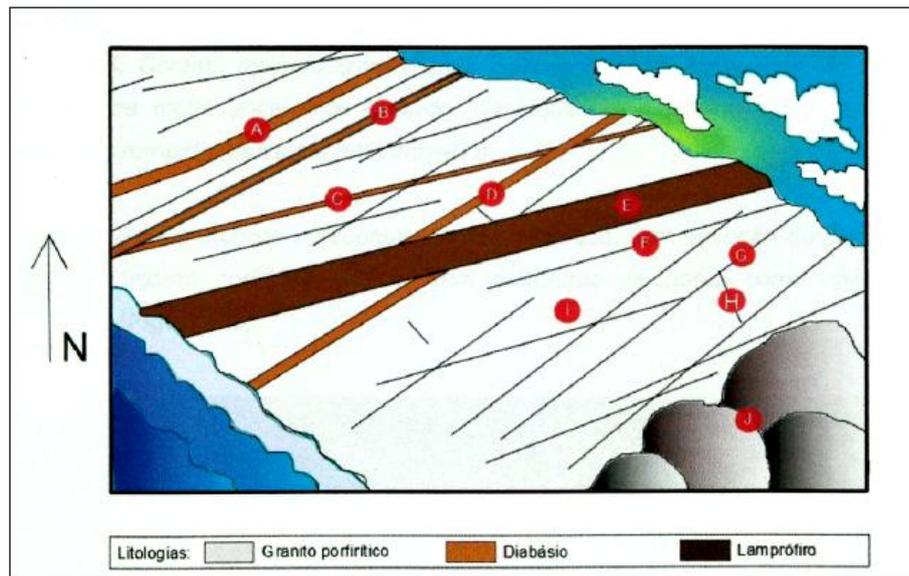


Figura 4.7.4 – Desenho esquemático do afloramento modificado de Higa (2011) com todos os diques máficos. I: rocha encaixante dos diques. J: blocos de rocha não in situ. Diques em F1: A, B, D.. Diques em F4: C, E. F: F4. G: F1. H: F2.



Figura 4.7.7 - Os dique entrecortantes: neste ponto, o dique de diabásio (D, na fig 4.7.4) é interrompido e deslocado pelo dique lampróiro (E, na fig 4.7.4)

Para facilitar aqueles que planejam ir ver as formações geológicas, veja o mapa com a localização:



Figura 4.1 – Localização pontual dos geossítios da Ilha de São Sebastião: 1- Pedra do Sino, 2- Pico do Baepi, 3- Cachoeira do Gato, 4- Praia da Figueira, 5- Praia de Enchovas, 6- Buraco do Cação, 7- Diques da Ponta da Sela, 8- Gabros Estratiformes e 9- Portinho.

7 – Conclusões

O Brasil avançou significativamente no conhecimento e legislação. O Plano de Segurança de Barragens determinado pela Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010:

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

pode e deve ser aplicada na estabilidade de encostas pois a ocorrência de um deslizamento, de um escorregamento ou de um desmoronamento traz consequências danosas semelhantes às de uma barragem.

Outras referências:

NBR-11682 Estabilidade de Taludes.

7.1 – O Plano de Proteção da Serra do Mar 2006

Não podemos esquecer que a Poluição Ambiental não está restrita ao controle de emissão dos gases formadores do Efeito Estufa, isto é, os

gases que afetam a camada de ozônio que nos protege da incidência dos nocivos raios ultravioletas provenientes do sol.



Há que se considerar o AR QUENTE que é o ar comum mas que sendo de uma temperatura acima da temperatura natural a que as florestas estão ambientadas causam na vegetação alterações que ressecam suas folhas.



Não basta CADA MUNICÍPIO controlar as indústrias instaladas na área de sua jurisdição pois o efeito de aumento da temperatura média do ar causada pelos processos industriais que usam fornos e caldeiras e outros processos

Um simples Aparelho Condicionador de Ar, desses que usamos em nossa residência, tem duas faces a serem consideradas mas que costumamos olhar apenas o lado que nos interessa, isto é, a troca de

calor que acontece no interior da casa em que o aparelho consegue abaixar a temperatura. Não consumamos ver que do lado de fora, todo o calor retirado do interior da casa mais o calor do processo gerado pelo próprio aparelho é lançado sem nenhum controle à atmosfera aquecendo o ar.

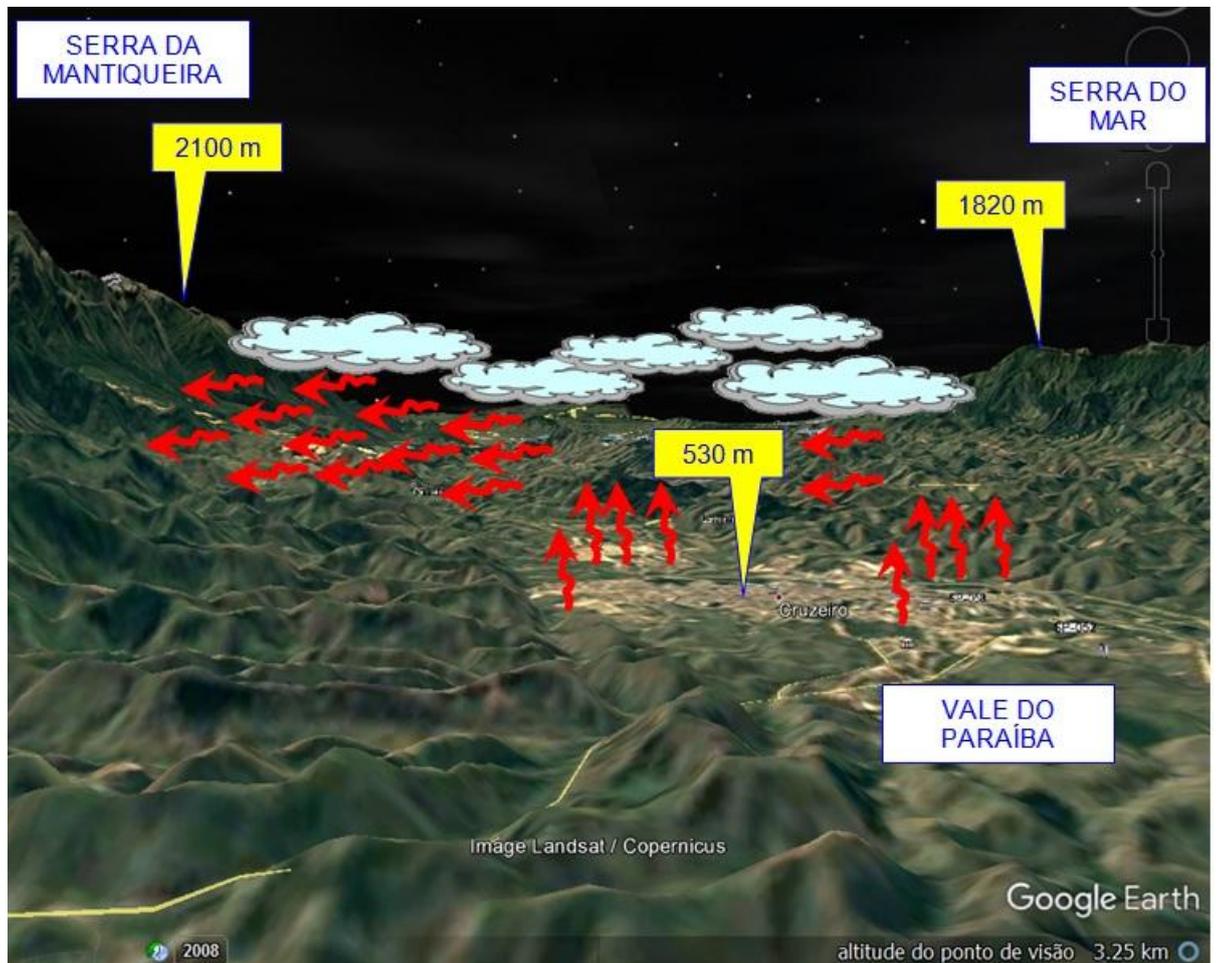
Na indústria, um simples bater de uma prensa ou uma pequena dobra de arame produz sempre calor que se dissipa no ambiente. Os trabalhadores também produzem calor e todo esse calor é transferido por exaustores e outros sistemas refrescantes para o ar de fora.

A rápida e ampla industrialização que acontece em todo o Vale com fábricas de todo porte, desde uma pequenas oficina até gigantes como a Companhia Siderúrgica Nacional produzem um somatório de calor que é acumulado a cada município por onde o ar passa.

Analisando a carta dos ventos, vemos que os ventos, no Vale, não sopra de tudo quanto é lado, havendo uma direção preferencial que predomina sazonalmente.



Ladeado por altas montanhas da Serra do Mar e da Mantiqueira, o ar quente não tem por onde dissipar, permanecendo “preso” e empurrado pelos ventos predominantes caminha no sentido de São José dos Campos, limitado também pelas nuvens que ficam abaixo do topo dos altos picos.



Forma uma faixa horizontal a média altitude que se choca com a vegetação da Serra da Mantiqueira.



Plantas resistentes e tolerantes à poluição atmosférica, como palmeiras, manacás, samambaias e aráceas. Crédito: Roney Perez dos Santos
Imagem 4 de 5

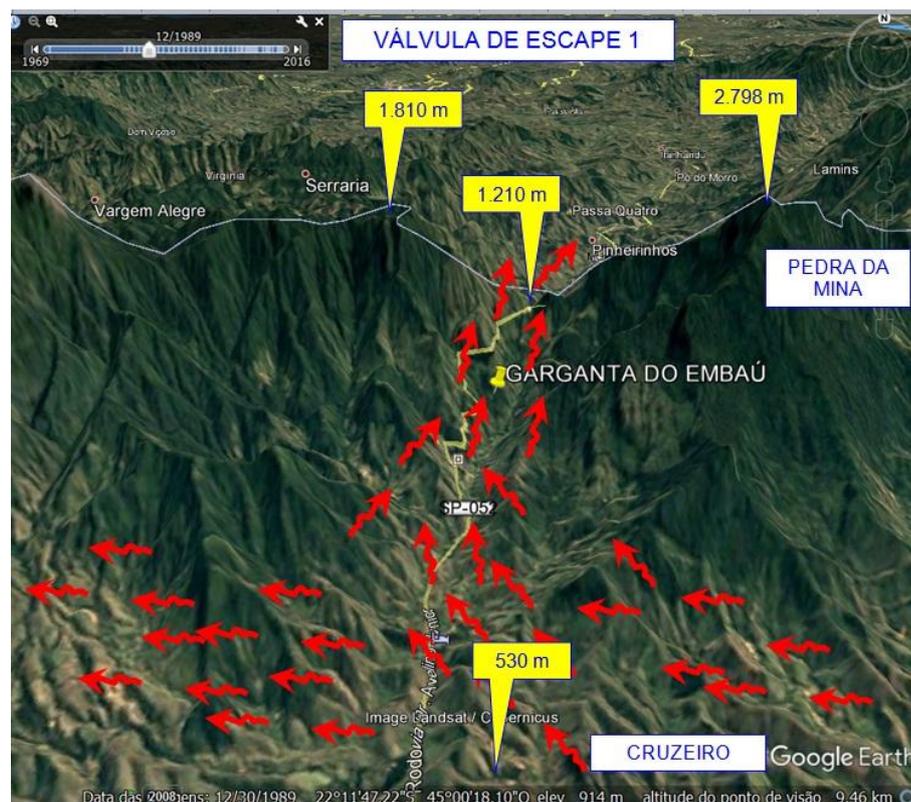
VÁLVULA DE ESCAPE:

A parede quase vertical da Serra da Mantiqueira não é contínua e apresenta alguns pontos de abertura a média altitude.

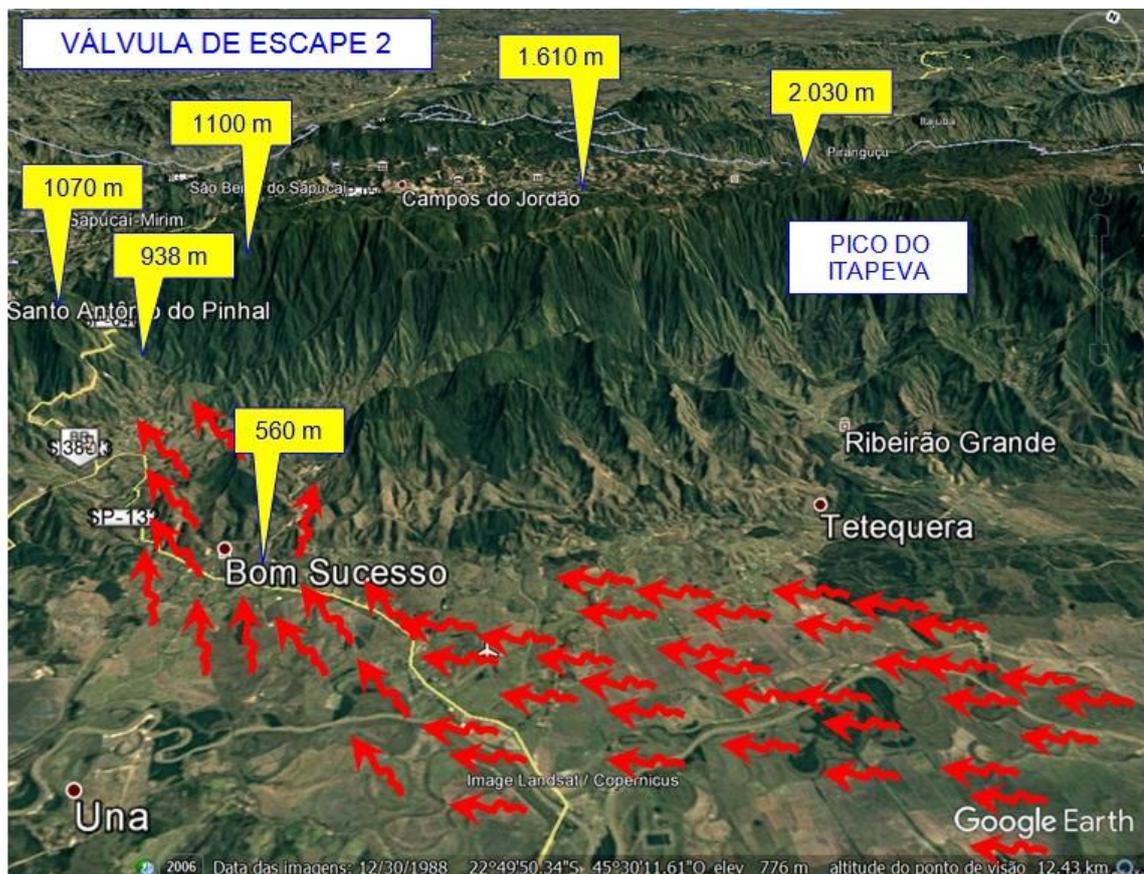
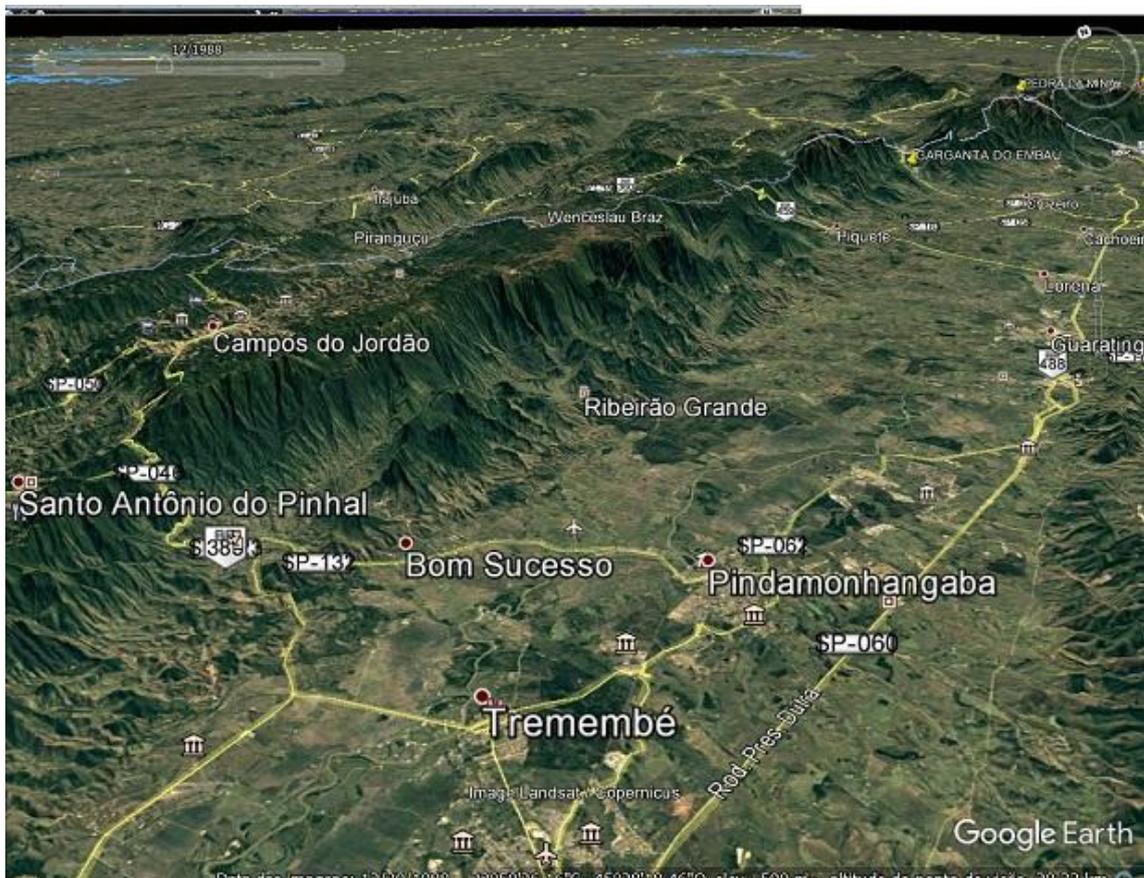
Um desses pontos é a Garganta do Embaú, perto de Cruzeiro.



Veja detalhes do fluxo de ar quente que se forma na garganta:



Outro ponto que funciona como válvula de escape encontramos no acesso a Santo Antonio do Pinhal:



Veja, em detalhes as altitudes nesta região:



CASO NOVO?

Já enfrentamos este tipo de problema na década de 90 quando a Serra do Mar, no trecho da Baixada Santista, começou a apresentar vegetais com as folhas secando sem que estivéssemos em período de estiagem.

Botânicos analisaram o fenômeno e concluíram que a poluição do ar era a causa.

O governo do estado montou uma Comissão para estudar o assunto e concluíram pela necessidade de implementar um plano que foi denominado de Plano de Proteção da Serra do Mar 2006.

Muitas ações foram tomadas em diversos níveis.

O IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, desenvolveu uma tecnologia para realizar a recuperação da cobertura vegetal devastada. Envolvendo diversos laboratórios, o IPT desenvolveu um modelo inédito no mundo para a recuperação da floresta, a semeadura aérea, desenvolvendo um Pelota de Gelatina com sementes em germinação, gelatina extraída da alga marinha.



Pelotas de gelatina contendo sementes em germinação

Veja alguns detalhes sobre a sequência da pesquisa:

Estudiosos do IPT, do Instituto Florestal (IF) e do Instituto de Botânica (IBt), sob a coordenação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) desenvolveram a seguinte metodologia. Os pesquisadores da Divisão de Geologia do IPT mapearam inicialmente as áreas prioritárias onde deveria ocorrer o replantio de acordo com as condições de estabilidade e, em seguida, as equipes partiram para o estudo das espécies que haviam morrido e aquelas que seriam mais adequadas às condições da região.

Eles retiraram amostras de tocos de árvores mortas da região e fizeram uma comparação com exemplares da Xiloteca Calvino Mainieri, do IPT. Esse procedimento foi importante para identificar as espécies presentes nas áreas contaminadas. Em seguida, os pesquisadores escolheram aquelas com maior chance de sobrevivência.

O próximo passo foi encontrar uma maneira de espalhar as sementes pelos solos com o menor índice possível de perdas. O desafio era fazer as sementes chegarem ao chão sem deixá-las presas aos arbustos ou dispersas pelo vento, em função do pouco peso e volume. A solução encontrada pelos pesquisadores da Cetesb foi a peletização das sementes em gel hidrofílica, um material desenvolvido na Divisão de Química do IPT com propriedades para manter os nutrientes e a umidade, uma bolinha de gelatina transparente extraída da algina, uma alga marinha. A gelatina, pelo seu peso, impede a dispersão das sementes pelo vento e facilita sua fixação no solo.

Além de desenvolver os peletes, os pesquisadores da Cetesb construíram uma máquina para ‘embrulhar’ as sementes com maior rapidez. O equipamento tinha uma dezena de bombinhas e produzia 500 quilos de peletes por dia.

Faltava agora conseguir as sementes.

Como no país não existia um banco de onde elas pudessem ser retiradas para esse tipo de tarefa, dez mateiros realizaram a coleta na própria floresta.

As sementes peletizadas foram esparramadas de maneira direcionada e rápida com o emprego de um helicóptero da Força Aérea Brasileira (FAB) e um avião agrícola para uma operação semelhante à dispersão natural das sementes.

A primeira sementeira foi realizada em fevereiro de 1989.



A sementeira aérea com peletes resultou em altos índices de sobrevivência das árvores e teve ótimos resultados em solos nus e com vegetação rasteira nativa.



Equipe do projeto 'A Serra do Mar - Degradação e Recuperação'. Crédito: Luiz D.Silva
Imagem 1 de 5



7.2 – Ilustrações Esquemáticas

Apresenta-se 10 casos típicos para discussão sobre os cuidados importantes para garantir a estabilidade do edifício.

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 1



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO GRANITO

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 2



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE GNAISSE

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 3



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA C/ BOLHAS DE GNAISSE

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 4



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO TERRA ROXA

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 5



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO SEDIMENTAR

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 6



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO FOLHELHO



ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 9



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO C/ FALHAMENTOS

ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA Nº 10



CONSTRUÇÃO EM ENCOSTA DE SOLO DE ARGILA
SOBRE ROCHA IMPERMEÁVEL

7.3 – Novas Ciências?

Como vimos, a prevenção dos problemas envolvendo a Estabilidade de Encostas é complexo e não basta o aprofundamento feito somente com os Arquitetos ou somente com os Engenheiros. Será necessário arregaçar as mangas e interagindo com profissionais de outros ramos como a Biologia, a Botânica, a Climatologia e outras.

Uma observação detalhada e crítica das fotos seguintes nos indica que



Fenômenos distintos, embora tenham suas próprias particularidades e formas de ocorrência, produzem consequências muito parecidas.

Na ocorrência de desastres de grande prejuízo material e, em alguns casos até com vítimas pessoais, é quase que automático atribuímos a culpa somente à chuva e não se fala em outras causas pois a correria que se segue mobiliza toda a sociedade no socorro e ajuda às vítimas.

Como vimos, a constituição geológica do maciço da Encosta oferece condições distintas de estabilidade e as obras de prevenção, contenção e segurança precisam levar em conta essas constituições se quisermos evitar a repetição da mesma ocorrência, como temos assistido com certa frequência.

A exuberância de certas espécies vegetais é característica de que suas raízes penetraram profundo no solo à busca de nutrientes. Essa exuberância toda sucumbe na ocorrência da estiagem e, quando esta é severa, acaba causando a morte da planta. As raízes que tiveram a oportunidade de penetrar profundamente no terreno, agora seca, formam canais preferenciais para a penetração da água da chuva, condição esta que não existiria caso a planta não tivesse atingido aquele estado de exuberância.

Da mesma forma, animais e insetos de hábitos terrenos cavam teneis profundos que, quando chove, permitem a penetração da água.

O “solo é vivo” e está continuamente alterando suas propriedades como a permeabilidade e o índice de vazios.

Quando, no passado, realizamos as investigações para reconhecimento geológico do solo, havíamos determinado um certo estado de propriedades mas hoje, passados alguns anos, tais propriedades se mantêm? Um solo que era relativamente impermeável não teria passado a admitir algum grau de permeabilidade?

Talvez, algumas ciências como a agronomia, a biologia e a botânica tenham contribuições significativas para o estudo da Estabilidade de Encostas.

Para facilitar a compreensão da interação dessas ciências com a geologia, criamos os seguintes termos: Agrogeologia, Biogeologia e Microgeologia.

AGROGEOLOGIA

Seria uma mistura da agronomia com a geologia e estudaria a contribuição de certas culturas para a segurança da encosta. Por exemplo, é sabido que a árvore eucalipto tem altos índices de evapotranspiração – Uma floresta de eucalipto não seria um bom “dreno” para ajudar a secar o terreno que desejamos secar? Mas há terrenos que desejamos manter uma certa umidade mínima e nesses casos a floresta de eucalipto não seria um mal indesejável?

Veja o que ocorre numa encosta que possui um revestimento argiloso sobre um núcleo de rocha maciça:



A camada de argila é de boa qualidade e dá condições para o desenvolvimento de vegetação farta. O ciclo regular de chuvas ajuda.

Esse estado “equilibrado” pode ser perturbado pela ocorrência de uma estiagem severa que causa o ressecamento do solo e a morte de algumas espécies. Houvesse maior espessura da camada de argila, a água intersticial armazenada poderia ajudar a evitar a morte. Também, se o núcleo não fosse impermeável e tivesse um lençol freático não ocorreria o ressecamento.



O que vai acontecer com a camada de argila quando vier o período de chuvas?



Chuvas de grande intensidade encharcam o solo aumentando o seu peso. Trincas e o descolamento, então, promovem a queda de porções que escorregam encosta abaixo.

Há pesquisas e o desenvolvimento de plantas que ajudam na estabilização de taludes. A Grama Vetiver com suas raízes extremamente longas funcionam como tirante natural e ajuda a segurar o solo.



Experiências com taludes íngremes têm demonstrado a eficácia:



Veja um exemplo prático de segurança de talude em Pomerode – ES com a Grama Vetiver:



Algumas empresas como a CEMIG Centrais Elétricas de Minas Gerais têm investido na pesquisa de variedades que protegem taludes:

COMO SELECIONAR PLANTAS PARA ÁREAS DEGRADADAS E CONTROLE DE EROSÃO

CEMIG
A Melhor Energia do Brasil.

Roçada em taludes

6 SENSE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA AGRICULTURA
BRASILEIRA

BIOGEOLOGIA

Quando observamos certos fenômenos da natureza como o deslizamento de encostas:





Notamos que se trata de regiões nativas, sem ocupação humana e, portanto, não teríamos como acusar a “falta de planejamento” ou a “ocupação clandestina” ou a “ocupação urbana desordenada”.

Notamos também que os inúmeros pontos onde ocorreram os deslizamentos, estes se manifestaram no talvegue e então, vem à mente algumas indagações do por que o deslizamento ocorre no talvegue.

Uma resposta que nos parece óbvia é que o próprio talvegue, antes na forma de um plano inclinado, tenha sido formado por sucessivos deslizamentos e erosões que ocorreram neste local.

Então, o que faz com que os deslizamentos ocorrem preferencialmente nos talvegues e não nos espigões? O subsolo não é homogêneo?

Nos deslizamentos que ocorrem locais com ocupação humana é compreensível que o deslizamento ocorre em certos locais pois a ocupação humana remove partes da encosta que servem como arrimo de outras partes:



Já na natureza, em local ainda não ocupado pelo ser humano, escorregamentos ocorrem de uma forma que as ciências ainda não descobriram a correlação da razão ou das razões do por que ocorrem em diversos locais todos ao mesmo tempo.

Pensando bem, existem na natureza fenômenos de ocorrência aparentemente esporádica e aleatória.

É o caso da INFLORESCÊNCIA da AGAVE.



Esta planta apresenta a sua inflorescência aos 7 anos de vida. Se manifesta na forma de uma haste comprida, denominada Escapo Floral que pode atingir até 8 metros de altura, dependendo da espécie.

Veja um exemplo no km 67 da Via Anhanguera.



Agave, km 67 da Via Anhanguera, produzindo o Escapo Floral, preparando-se para a inflorescência

Por que tão alto? Talvez pela escassez de agaves na região. Outra agave também com o escape floral no km 71 da mesma rodovia:



AGAVE SOLITÁRIA NO TREVO DE ACESSO A LOUVEIRA NO
KM 71 DA RODOVIA ANHANGUERA

A grande altura se explica pela escassez de plantas que sendo tão grande que a inflorescência alta solta os grãos de pólen no vento que leva, por quilômetros, até a outra agave?

Essa inflorescência acontece uma vez na vida da agave e demora 7 anos para acontecer. Depois disso a planta morre. Eis um exemplo:



AGAVE AZUL OU TEQUILIANA NO KM 67 DA RODOVIA ANHANGUERA COM UM DOS PÉS QUE JÁ
APRESENTOU SUA INFLORESCÊNCIA E JAZ MORTA E SEU ESCAPO FLORAL EM QUEDA.

Você sabia que a corda de sisal é feita de uma espécie de agave, a agave sisalana?



Veja mais sobre sisal em (www.ebanataw.com.br/natureza/sisal.php):



Você sabia que a bebida tequila é feita de uma espécie de agave, a agave tequilana? Veja mais sobre sisal em (www.ebanataw.com.br/natureza/tequila.php):



Outro mistério é a vida da CIGARRA:



Este inseto vive, na forma de ninfa, 17 anos debaixo da terra sugando a seiva das raízes das plantas.



Não se sabe como, depois desses 17 anos de vida subterrânea, a ninfa sobe pelo tronco da árvore e se fixa lá no alto onde ocorre uma metamorfose, saindo de dentro da ninfa um inseto alado:



Completada a metamorfose, a cigarra entoa um longo e estridente canto para atrair a fêmea.



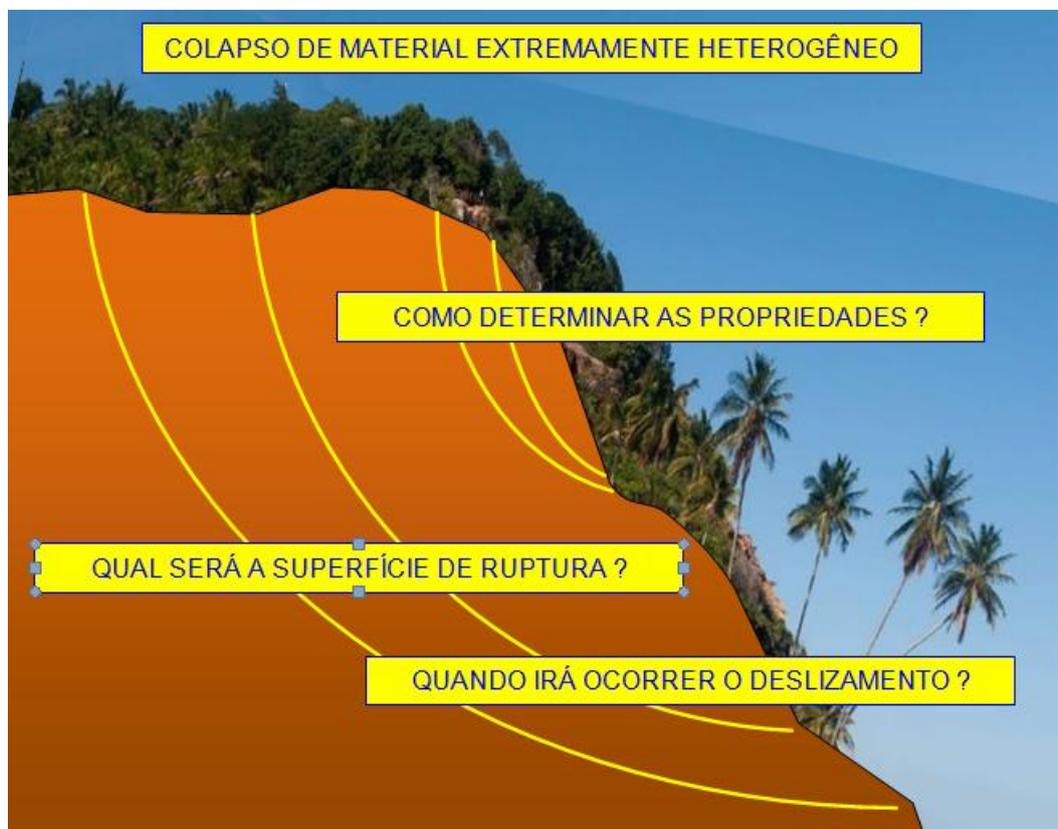
Essa procura não pode demorar mais que 3 dias pois esse é o tempo que a cigarra adulta tem de vida.

Para que serve este longo período de 17 anos? Como a ninfa da cigarra sabe ou como ela faz a contagem do tempo para saber que “*chegou a hora*”. Que instinto é esse que faz a ninfa sair de dentro da terra, subir numa árvore e lá, depois da metamorfose, entoe cânticos estridentes?

Da mesma forma, talvez alguns tipos de escorregamentos de encostas tenham alguma razão da própria natureza e ocorrem em períodos de tempo determinado. Esses períodos seriam determináveis?



Então, ao estudar as condições de resistência interna de uma encosta, será possível determinar (calcular) de forma exata a data em que irá ocorrer o próximo deslizamento?



MICROGEOLOGIA

Seria uma mistura de condicionantes microscópicos com a geologia.

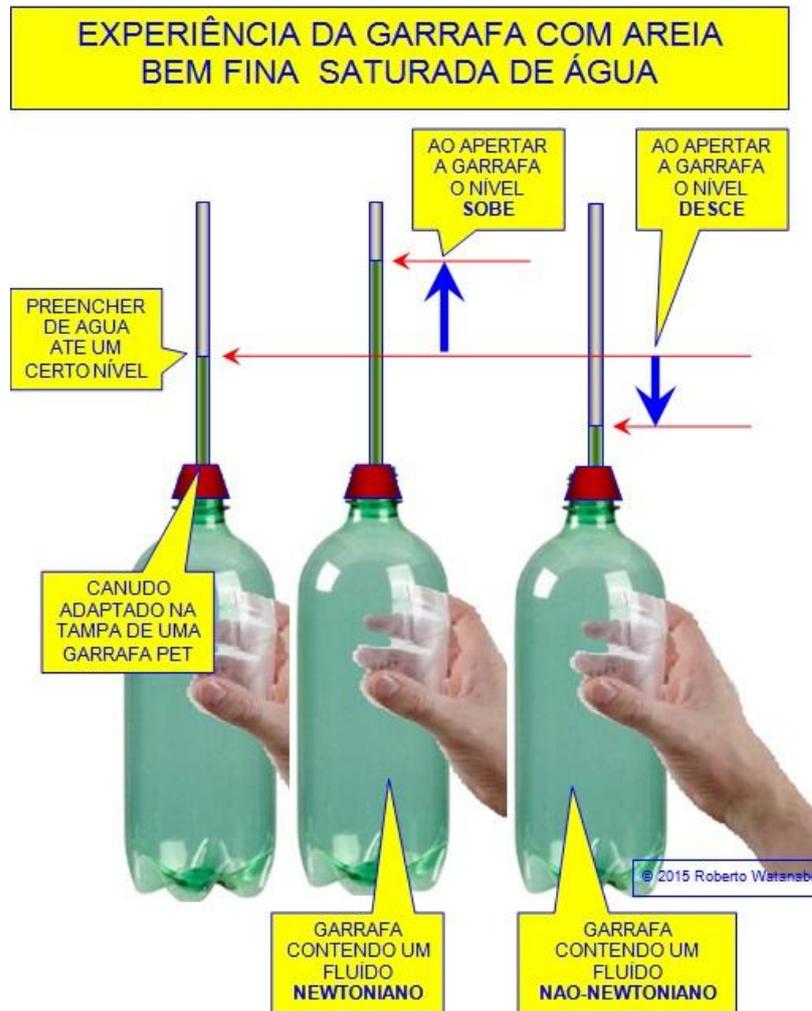
Por que será que os deslizamentos por saturamento do terreno ocorrem em locais com concentração de bananeiras?





O deslizamento seria apenas uma etapa da longa metamorfose do solo?

O que nos ensina a experiência da garrafa? Que característica ou propriedade possuem os fluidos Não-Newtonianos?



<http://www.ebanataw.com.br/talude/brita.htm>

Aquele solo maciço feito de basalto homogêneo e duro:



NOTA DO AUTOR:

O presente trabalho contém um amplo levantamento de fatores que direta ou indiretamente contribuem com a estabilidade de estruturas construídas em encostas de montanhas.

Foi cuidadosamente elaborado para o Curso *Arquitetura de Montanha* promovido pelo CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo com a colaboração da Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Campos do Jordão e com apoio da Prefeitura da Estância Climática de Santo Antônio do Pinhal.

O autor é engenheiro civil, formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – turma de 1.972, trabalhou nas obras de porte da engenharia nacional como o Sistema Cantareira de Abastecimento de Água, o Emissário Submarino de Santos, a Rodovia dos Imigrantes e as Hidrelétricas de Ilha Solteira, Itaipu e Tucuruí. Trabalhou também no IPT, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e participou de centenas de casos periciais de sinistro de desmoronamento de edifícios e deslizamento de encostas.

Esta versão em formato universal PDF, Portable Document Format, é assinado digitalmente conforme determinação do ICP-Brasil – Infraestrutura de Chaves Públicas, instituída pela Medida Provisória Nº 2200-2 de 24/08/2001 e, mantida a assinatura, pode ser livremente copiado, distribuído e impresso.

Santo Antonio do Pinhal, 16 de setembro de 2.017.



SE TIVERDES QUE TRATAR
COM A NATUREZA, CONSULTA,
PRIMEIRO A EXPERIÊNCIA,
DEPOIS A RAZÃO.

A NATUREZA NÃO SEGUE A LÓGICA
HUMANA.

Leonardo da Vinci, 1452-1519