



Diálogos

é preciso conversar mais com a Terra

Geológicos

2ª edição

Álvaro Rodrigues dos Santos

Copyright @ O Nome da Rosa Editora Ltda.

Editora 1ª edição

Tula Melo

Editor 2ª edição

Álvaro Rodrigues dos Santos

Revisão

Ivete Santos

Projeto gráfico e capa

Júlia Melo

Projeto gráfico e capa

Júlia Melo

Ilustrações

Lygia Pecora

Ilustrações

Lygia Pecora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santos, Álvaro Rodrigues dos

Diálogos geológicos : (é preciso conversar mais com a terra) /

Álvaro Rodrigues dos Santos. -- São Paulo : O Nome da Rosa, 2008.

Segunda edição - 2026

ISBN 978-85-86872-45-7

1. Geociências 2. Geologia ambiental
3. Geologia de engenharia 4. Geotécnica I. Título.

08-10410

CDD-624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia de engenharia 624.151

Primeira edição — dezembro de 2008

Segunda edição - janeiro de 2026

Todos os direitos desta edição, reprodução ou tradução reservados por Álvaro Rodrigues dos Santos
Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida, de nenhuma forma ou por nenhum
meio, sem autorização expressa do editor

Rua Fernando Caldas, 128 - Butantã - SP - CEP 05535-060

arsgeologia@gmail.com

www.arsgeologia.com.br

Dados sobre o autor

Álvaro Rodrigues dos Santos, nascido em Batatais, São Paulo, e formado em Geologia pela Universidade de São Paulo no ano de 1968.

Com algumas passagens pela empresa privada, teve sua carreira técnica basicamente desenvolvida no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), desde sua contratação em 1969. Pesquisador V Sênior, ocupou diversos cargos e funções, tendo sido Diretor da Divisão de Minas e Geologia Aplicada e Diretor Executivo de Planejamento e Gestão do IPT.

Teve a oportunidade de trabalhar com os mais diferentes tipos de obras e ações de uso e ocupação do solo e colaborou especialmente para o desenvolvimento da Geologia de Engenharia aplicada a Obras Viárias, Estabilidade de Taludes de Corte e Encostas e Problemas Urbanos.

Ao longo de sua carreira, dedicou especial atenção à formulação conceitual e metodológica da Geologia de Engenharia brasileira, pleiteando para esta seu entendimento como uma Geociência Aplicada, com plena e intrínseca vinculação ao universo científico e analítico da Geologia, tese consagrada em seu livro “Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática”, com sua 1ª edição lançada em 2002 e já em sua 4ª edição.

Em sequência publicou os seguintes livros, todos já reeditados: “Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra”, “A grande barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes”, “Diálogos Geológicos”, “Cubatão”, “Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções”, “Manual Básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica”, “Cidades e Geologia”, “Manual de Execução da Técnica Cal-Jet de Proteção de Solos contra a Erosão”, Manual Técnico para Identificação de Nascentes, além de co-autor de várias publicações técnicas na área de Geologia e Geologia de Engenharia.

Em 2011 recebe o Prêmio Ernesto Pichler da Geologia de Engenharia brasileira, conferido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE em seu 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia.

Atualmente o geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos é Diretor-presidente da ARS Geologia Ltda.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Dedico este livro aos meus queridos e saudosos pais, Brasília Rodrigues dos Santos, que me ensinou a força da atitude, e Edith Brasil Rodrigues dos Santos, a Dona Didi, que me ensinou o deslumbramento.

Agradeço a todos os que me inspiraram e estimularam a produzir este livro, como igualmente agradeço às empresas que colaboraram para tornar possível sua publicação.

Agradeço à Vida, por ter me levado à Geologia e por ter me proporcionado a suprema felicidade de desfrutar dos lindos corações de minha esposa Maria do Carmo e de meus filhos Fábio, Daniel e Caio.

APRESENTAÇÃO 2ª EDIÇÃO

Essa 2ª edição do livro Diálogos Geológicos (É preciso conversar mais com a Terra) ofereceu a oportunidade de atualização de informações e datações relativas à evolução do Homem no planeta, tendo como fonte as mais recentes pesquisas arqueológicas, como também de inclusão de alguns novos artigos técnicos exemplificadores do diálogo Homem-Terra.

A produção dessa 2ª edição é da inteira responsabilidade do autor, e autorizada pela Editora O Nome da Rosa, já não mais ativa, promotora da 1ª edição.

Como já afirmado em sua 1ª edição, o sucesso técnico, econômico e ambiental de qualquer tipo de intervenção do Homem no planeta estará sempre apoiado na capacidade humana de adequar seus projetos às características dos materiais naturais e aos processos geológicos, pretéritos e atuais, presentes no local a ser afetado pelo empreendimento. A compreensão desses fatores naturais e a decorrente adequação das formas da intervenção pretendida constituem os elementos desse indispensável e virtuoso diálogo Homem/Natureza, de cujo sucesso depende a própria condição de sobrevivência da espécie humana em seu único habitat possível em todo o Universo. **Promover, estimular e inspirar esse diálogo foi o que me moveu a produzir este e meus livros anteriores.**

APRESENTAÇÃO

Alguns objetivos inspiraram-me a elaboração desse livro. O primeiro, e sempre presente em meus trabalhos, está em levar ao maior número possível de cidadãos a crucial importância econômica e social de termos sempre em conta o fator geológico em todas as ações humanas que, direta ou indiretamente, interferem com algum aspecto da crosta terrestre. Mais ainda, considerar que esse fator geológico não se expressa somente quando da manifestação de vulcões, terremotos, tsunamis e outros fenômenos telúricos a que normalmente a palavra Geologia é comumente associada e que, aliás, no Brasil são felizmente inexistentes ou inexpressivos. Ao contrário, o fator geológico está presente em nosso cotidiano; mais do que próximo, junto a nós, na fundação do edifício, na erosão que destrói casas, ruas, assoreia os rios e provoca enchentes, na água subterrânea que extraímos, na “queda de barreira” que interrompe o tráfego em nossas estradas, na brita que sai da pedreira, na areia que sai dos portos e vão compor o concreto, na argila que nos provê tijolos e telhas, no calcário que nos provê o cimento, nas mil minerações que nos provêm chumbo, ferro, manganês, petróleo, na vala que desaba e mata o pobre peão de obra, na cidade que impermeabiliza o solo e joga mais água nas drenagens, na floresta que é extinta e expõe os solos, na poluição que se infiltra e contamina os solos e os lençóis subterrâneos de água...

O segundo objetivo do livro refere-se à intenção de mostrar que a melhor adequação dos projetos humanos ao meio físico geológico exige o mais íntimo conhecimento do terreno natural que será afetado por um determinado empreendimento, o conhecimento de suas leis, dos processos geológicos presentes, das características de seus diferentes materiais, e que a responsabilidade por esse essencial entendimento cabe especialmente à Geologia de Engenharia, entendida como a Geociência Aplicada responsável pela interface tecnológica entre o Homem e o meio físico geológico. Indo um pouco além, definindo e precisando devidamente as questões conceituais e metodológicas básicas para o bom exercício dessa atividade.

O terceiro, e último objetivo, é bastante pessoal. Propus-me, ou melhor, entendi como minha obrigação, não levar comigo nenhum conhecimento que produzi e que julgue poder ser útil à sociedade humana.

PREFÁCIO

Dialogar, antes que seja tarde

No caminho da evolução, a serra. Foi ali, na análise do livro *A grande barreira da Serra do Mar*, publicado em outubro de 2004 (primeira edição), que me apercebi da dimensão do pensamento do geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos. Ele jamais permaneceria nos limites dos estudos geológicos e geotécnicos das encostas da Serra do Mar, em seu esforço para interpretar o impacto das atividades humanas na Natureza.

Aquela altura, possivelmente este volume, *Diálogos Geológicos*, já estivesse em gestação, destinado a expor o inconformismo do técnico e do humanista diante das ações do Homem contra a sua vítima preferencial, o planeta. A obra atual, utilizando-se de uma variada gama de exemplos práticos reais, mostra o quanto o pensamento do Geólogo expressa essa visão mais abrangente e universal.

O livro nasceu e é editado em momento de extrema perplexidade. A Terra parece não aceitar mais, de cabeça baixa, que interferências continuamente predatórias comprometam a harmonia da vida que ela pode oferecer. Os terremotos, os tornados, o degelo são respostas traumatizantes à degradação a que ela tem sido submetida.

Até o subsolo urbano, ao longo do traçado das obras que têm sido planejadas para favorecer os interesses do crescimento das metrópoles mostra inadequações na relação do meio físico com as ações humanas. Vez ou outra esse desequilíbrio se acentua e as tragédias expõem a vulnerabilidade a que grandes obras de engenharia estão sujeitas.

O livro de Álvaro Rodrigues dos Santos se enriquece pela variação temática tratada com rigor e seriedade científica. Não se atém à análise pontual de obras que adquiriram relevo em algumas regiões brasileiras. Mergulha na inter-relação que elas mantêm com o meio, e o autor não se deixa dominar pelo raciocínio, muito cômodo em algumas áreas, de que os desastres em obras de engenharia podem ser descartados da responsabilidade técnica para serem atribuídos aos fenômenos naturais. No fundo, essa é a desculpa com a qual se tenta mascarar os equívocos provocados pela carência de estudos geológicos, de planejamento e de investimentos satisfatórios na qualidade dos trabalhos da engenharia.

A esse respeito, destaco a coragem do Geólogo, ao afirmar: “No caso da Geologia, até a probabilidade de encontrar durante o andamento da obra alguma feição particular não anteriormente detectada deve obrigatoriamente ser considerada nos cuidados do plano de obras e dos processos construtivos, que, para tanto, devem sempre ser acompanhados por um eficiente serviço de monitoramento e investigações complementares.”

O que mais chama a atenção neste trabalho, elaborado com linguagem sóbria e absolutamente acessível pela clareza e precisão, é a soma de informações que vêm de longe, pesquisadas desde que a Terra é Terra, para apontar o alcance e as repercussões das mudanças de toda ordem que vão comprometendo o habitat humano. No princípio, o Homem amoldava-se às condições da Natureza. Depois, passou a interferir em suas forças e potencialidades, e assim continuará até levá-la à exaustão e ao esgotamento. A partir daí, perderá de vez o foco de seu destino.

Contra isso, o livro propõe a revisão dos processos de interferência até aqui utilizados. Defende a necessidade de reavaliação do que tem sido feito nas obras que atingem as raízes extremas do planeta. E invoca a urgência da responsabilidade da Geologia de Engenharia nesse processo, convencido de que, até aqui, o desequilíbrio entre construção e destruição cava um fosso profundo na relação do Homem com o meio em que vive, justificando as razões de nossa catarse. No fundo, propõe os

Diálogos Geológicos. Tenhamos esperança de que propostas tão vitais como essa não tenham chegado tarde demais.

Nildo Carlos Oliveira (in memoriam)

Jornalista e escritor, editor da revista O Empreiteiro e editor e consultor de revistas nas áreas de Arquitetura e Engenharia.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO

2 - O AGENTE GEOLÓGICO HOMEM: A EVOLUÇÃO DAS RELAÇÕES DO HOMEM COM O PLANETA

- O planeta em permanente mudança. A Biosfera
- Os Agentes Geológicos. O Homem como agente geológico
- O surgimento e a evolução do Homem
- As relações entre o Homem e a Natureza. O Homem Paleolítico
- A Revolução Neolítica
- A vertiginosa ascensão da espécie humana
- Os atuais dilemas da Humanidade
- A ocupação do território brasileiro

3 - NA BUSCA DA HARMONIA ENTRE A HUMANIDADE E SEU PLANETA – A ENORME RESPONSABILIDADES DAS GEOCIÊNCIAS

- A geologia, o geólogo e a sociedade
- Geologia - atitude e responsabilidades
- Os geólogos e a dimensão civilizatória de suas atividades profissionais
- O Geólogo: intérprete das relações entre o Homem e a Terra
- Geologia de Engenharia, a Geociência Aplicada que vê o Homem como agente geológico
- O médico clínico geral e a geotecnia brasileira
- O contraditório entre desenvolvimento e meio ambiente se resolverá também pela criatividade tecnológica
- As obras de engenharia e a importância, o papel e as enormes responsabilidades das investigações geológicas
- Geologia de engenharia: essências

4 - DIÁLOGOS GEOLÓGICOS: É PRECISO CONVERSAR COM A TERRA

- Aquecimento global: falácias e verdades
- Valo grande, uma ferida aberta de enorme carga didática
- A grande barreira geológica da serra do mar
- Emboques de túneis em regiões serranas tropicais úmidas
- Estabilização de taludes: o perigoso “modismo” nas soluções
- Comprometimentos estruturais de empreendimentos instalados em orlas marítimas ou margens de rios

- O extraordinário e insubstituível papel das florestas naturais na estabilidade das encostas serranas tropicais
- A importância da camada superficial de solos para a sociedade brasileira
- Grotas, feições de relevo vedadas à urbanização
- Enchentes urbanas: do diagnóstico à solução
- Lençol freático: o melhor reservatório urbano para as águas de chuva
- A identificação de nascentes exige uma abordagem geológica, geomorfológica e hidrogeológica
- Cuidados no aterramento de cabeceiras de drenagem
- Ou o Brasil acaba com as bossorocas ou as bossorocas acabam com o Brasil
- Calçada do Lorena – história e tecnologia
- A incrível odisséia da construção do aterro de Cubatão
- Estradas: a face oculta das “quedas de barreiras”
- Escorregamentos na serra do mar: tragédia anunciada
- Piscinões: um despropositado atentado urbanístico e ambiental
- Edificações em terrenos inclinados: erros cometidos e soluções mais adequadas
- Elementos básicos de um programa de gestão de riscos geológicos (foco estratégico: eliminação do risco)
- Carta Geotécnica e Carta de Riscos: distinções no significado, na elaboração e no uso
- Sobre a ocupação urbana de planícies de inundação
- Dunas e restingas, um imbroglio ambiental criado e alimentado por excesso de amadorismo e escassez de ciência
- Estão a exigir muito das matas ciliares
- Áreas de risco para a engenharia em calcários cársticos: modelagem geológica e soluções construtivas
- Bacias-esponja, cidades-esponja, a lógica cristalina
- Acidentes: deveria ser crime culpar a natureza
- Algumas observações cruciais sobre a tragédia de Brumadinho e outras tragédias
- A interminável e trágica novela das “áreas de risco”
- Pintura a cal: uma poderosa arma no combate à erosão. A tecnologia Cal-Jet
- Obras simples devem reocupar espaço nobre na engenharia
- A imperiosa necessidade de um Código Florestal específico para o espaço urbano

1 - INTRODUÇÃO

É preciso conversar com a Terra

Nature to be commanded must be obeyed.

Francis Bacon (1620)

Gostaria que este meu livro fosse além de uma ótica exclusivamente ambientalista. Não porque pessoalmente tenha alguma restrição ao movimento ambientalista, que, mesmo com alguns compreensíveis excessos e ingenuidades, tem sido fundamental para muitos avanços nas relações do Homem com a Natureza, mas porque cultivo a tese de que a sociedade humana deva lidar melhor com suas intervenções no planeta, não só por consequência de postulações filosóficas e ideológicas, ainda que essas nos sejam essenciais, mas também por um simples e natural ato de inteligência, humildade e racionalidade.

Sem dúvida, os empreendedores públicos e privados responsáveis por grandes desastres e fantásticos erros cometidos a propósito de algum tipo de intervenção humana no meio físico natural — agricultura, expansões urbanas, grandes obras, minerações, extrativismo, produção de energia — atingiriam seus objetivos e os mesmos lucros esperados, ou até mais lucros e menos dores de cabeça, caso conduzissem suas atividades com mais inteligência, competência e responsabilidade técnica.

É justamente essa a maior expectativa do livro: colaborar pragmaticamente com a atitude e o conhecimento cultivadores das boas técnicas, no caso, especialmente no campo das relações entre os empreendimentos humanos e o meio físico geológico.

Desta maneira, o sucesso técnico, econômico e ambiental de qualquer tipo de intervenção do Homem no planeta estará sempre apoiado na capacidade humana de adequar seus projetos às características dos materiais naturais e aos processos geológicos, pretéritos e atuais, presentes no local a ser afetado pelo empreendimento. A compreensão desses fatores naturais e a decorrente adequação das formas da intervenção pretendida constituem os elementos desse indispensável e virtuoso diálogo Homem/Natureza. **Promover, estimular e inspirar esse diálogo foi o que me moveu a produzir este e meus livros anteriores.**

Enfim, aos colegas geólogos, agrônomos, engenheiros, geógrafos, arquitetos e demais profissionais que lidam com as intervenções do Homem no planeta, dirijo esta recomendação simplória: para concluir sobre a melhor forma de adequar um empreendimento às características e processos geológicos e geotécnicos da área a ser afetada, ***conversem mais com a Terra, entendam suas leis e seus segredos, e então, juntos, Homem e Terra, cheguem, acumpliciadamente, à melhor solução.***

Em relação à 1ª edição, nesta 2ª edição aproveitamos para atualizar algumas referências utilizadas em seus primeiros capítulos e para juntar alguns textos que melhor ilustrassem a atitude humana de louvor e respeito ao seu planeta quando de suas ações de intervenção no meio físico natural, particularmente no meio físico geológico. Alguns desses textos já haviam sido publicados em veículos impressos e em sites associados à temática geológica, geotécnica e ambiental.

2 - O AGENTE GEOLÓGICO HOMEM: A EVOLUÇÃO DAS RELAÇÕES DO HOMEM COM O PLANETA

2.01 - O planeta em permanente mudança. A Biosfera

Desde sua origem, há cerca de 4,5 bilhões de anos, nosso planeta vem passando por contínuas transformações. Há cerca de 2,5 bilhões de anos, já com a crosta rochosa resfriada e petrificada, apareceram, por uma combinação ambiental única no sistema solar (e talvez no Universo) entre litosfera, hidrosfera e atmosfera, condições favoráveis ao surgimento das primeiras formas de vida (ao menos da vida qual a conhecemos). A partir desse momento geológico, dá-se início na fina lâmina superficial do planeta a uma interação dinâmica entre Vida e Geologia, influenciando-se e modificando-se mutuamente. A Vida, em todas as suas formas, alcançou tal expressão na superfície terrestre que justificou a proposição, pelo jesuíta antropólogo e paleontólogo francês Teilhard de Chardin, do conceito de Biosfera, justamente para traduzir o conjunto dos seres vivos e, de alguma forma, suas propriedades na relação com o planeta.

O grande pensador e escritor inglês, Arnold Toynbee, redefine o termo Biosfera, agregando-lhe um sentido ambiental e existencial para a vida humana: ***“A Biosfera é uma película de terra firme, água e ar que envolve o planeta Terra. É o único habitat atual e -- tanto quanto podemos prever hoje -- também o único habitat jamais viável de todas as espécies de seres vivos que conhecemos, a Humanidade inclusive.”***

AMORES PROTEROZÓICOS (Álvaro ago.2002) (dedicada a Charles Darwin)

*Provocava-lhe a proximidade da primeira
Os deslumbrantes colares da sexta
A quarta, com seus misteriosos rubores...
Censurava-lhe, porém, a paterna relação.*

*Mas já há algum tempo rendera-se
A ígneos sinais de irresistível paixão.
Sim, era aquela terceira lua
Que com seus suaves e azuis encantos
Estava a explodir-lhe o flamante coração.*



*E ela, por aquele impossível amor
tão dilacerada,
Temendo, sem prendas,
Restar-lhe solitária e gélida sina,
Parecia a ele ainda mais bela
Assim frágil, perturbada, feminina.
Então, em equinócio tão aguardado
Sol e Terra amaram-se
Proterozoicamente.*

*De tão intenso amor
Foi pois aquela terceira lua
Semeada de cálidas sementes,
Que, à fortuna do Tempo,
Aqui e ali vicejaram, encantando-se
Em algas, fungos e gente.
Foi mesmo assim maravilhosa a Criação
Sem ódios, pecados ou serpente.*

2.02 - Os agentes geológicos. O Homem como agente geológico

Os geólogos e geomorfólogos explicam o relevo e os processos geológicos superficiais do planeta, ou seja, a geologia da Biosfera no conceito de Toynbee, como resultado da interação entre as forças da Dinâmica Interna e da Dinâmica Externa. As forças associadas à Dinâmica Interna, como os terremotos, o vulcanismo, o tectonismo, têm como principal fonte energética o calor interno da Terra, a energia telúrica, e provocam geralmente grandes perturbações na superfície do globo, ou seja, no relevo terrestre. As forças associadas à Dinâmica Externa, ou seja, os agentes geológicos, como as águas superficiais continentais, as águas oceânicas, os ventos, o gelo em suas diversas formas, a própria Vida, têm como principal fonte energética o Sol, e trabalham, por desagregação, decomposição, remoção, transporte e sedimentação de materiais geológicos, na maior parte das vezes no sentido da suavização do relevo.



A Natureza em contínuo movimento. Combinação de forças externas e internas moldando a superfície do planeta (Concepção do Autor). A ação dos agentes geológicos exógenos é facilitada e potencializada pelo intemperismo, ou seja, o resultado da ação dos agentes atmosféricos químicos e físicos e dos agentes biológicos sobre as rochas, sempre incidindo em sua decomposição química e sua desagregação física.

Especialmente a partir da segunda metade do século XX, os resultados da atividade humana sobre o planeta começaram, por força de sua expressão e magnitude, a chamar a atenção dos estudiosos da Geologia e a se impor como elementos indispensáveis para o entendimento de uma série de fenômenos que ocorrem na Biosfera. Era o início do processo de percepção do Homem como *agente geológico*, processo que evoluiu para o entendimento, universalmente aceito na Geologia e na Geomorfologia, do Homem como talvez o mais vigoroso agente geológico hoje atuante sobre a superfície da Terra, tanto sobre os continentes como sobre os oceanos.

De fato, para o atendimento de suas sempre crescentes necessidades — energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação, lazer —, o Homem é inexoravelmente levado a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, pecuária, indústria, usinas elétricas, estradas, portos, canais, extração de minérios, disposição de rejeitos ou resíduos industriais e urbanos...). Hoje são raras as regiões do planeta que não revelam as conseqüências diretas ou indiretas da ação e da presença humana.

2.03 - O surgimento e a evolução do Homem

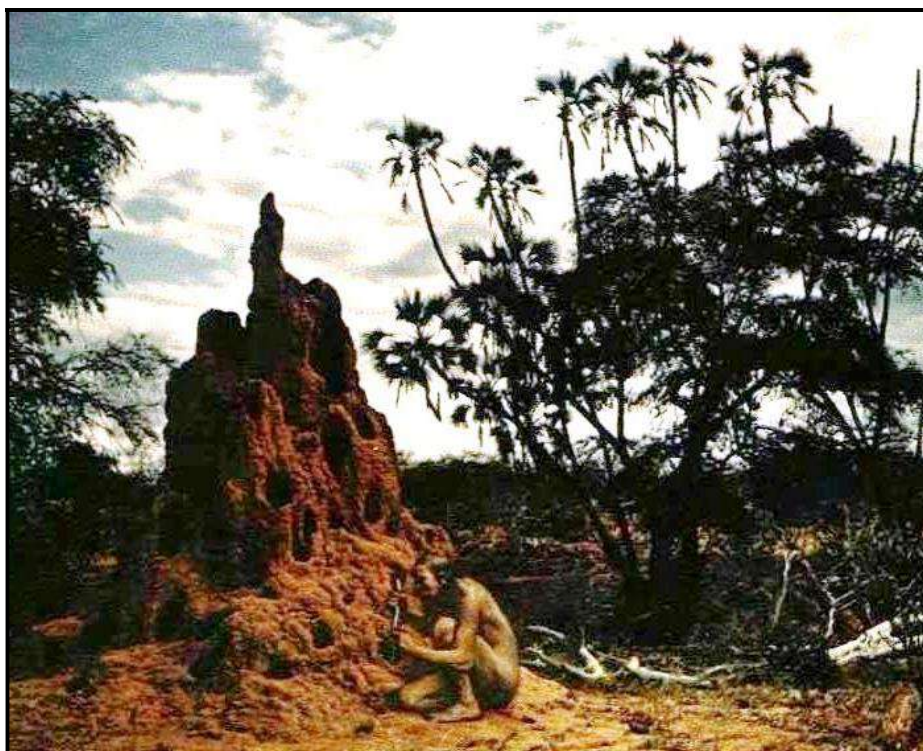
Há cerca de 4,5 milhões de anos, no sul da África, os hominídeos (famílias de primatas onde se incluem aqueles que deram origem ao Homem) iniciavam seu desenvolvimento paralelo ao dos macacos, e desses diferenciando-se progressivamente. Esse hominídeos, os *Australopithecus*, diferenciavam-se de seus primos ancestrais pelo início do uso de objetos naturais não trabalhados, como paus e pedras para atender a necessidades momentâneas e pelo começo da prevalência do bipedismo. Ao longo dos milhões de anos que desde então se passaram, os hominídeos se espalharam pelo mundo e evoluíram para o *Homo sapiens* em um processo conduzido pela interação dinâmica de fatores ambientais, seleção natural de feições anatômicas e funções biológicas positivas — como o bipedismo definitivo, a total liberação das mãos, a função pinça do polegar — e o desenvolvimento da inteligência, ou seja, da capacidade de distinguir, conjecturar e formular decisões (o volume do cérebro passa de cerca de 400 cc para 1.400 cc). Nesse longo caminho evolutivo, as pesquisas antropológicas e paleontológicas distinguiram alguns estágios notáveis do futuro homem moderno: o *Australopithecus*, há cerca de 4,5 milhões de anos, que pela primeira vez usavam objetos não trabalhados para suas necessidades primárias, o *Homo habilis*, há cerca de 2,4 milhões de anos, que fabrica os primeiros objetos rústicos de pedra, chifres e madeira, o *Homo erectus*, há cerca de 1,9 milhões de anos, e que, como o nome indica, adotou a postura ereta plena, e aprendeu a usar o fogo, o que lhe foi de vital importância no enfrentamento dos períodos glaciais que dominaram o planeta ao longo do maior período de sua existência.

Nômades em seu longo período de amadurecimento antropológico, esses ancestrais humanos migram primeiramente para o Oriente Médio, fazendo dessa região um foco de expansão para a Europa, Ásia e, bem mais tarde, América e Oceania.

Em torno de 400 a 300 mil anos atrás, alguns grupos humanos começaram a se diferenciar reunindo características muito próximas às do homem atual, especialmente considerando sua capacidade craniana e o desenvolvimento da inteligência. Desses grupos destacam-se o *Homo neanderthalensis* e o *Homo Denisova*. O Homem de Neandertal (Vale de Neander, na Alemanha), distingue-se por possuir o cérebro com tamanho semelhante ao do homem moderno, pela capacidade de produzir ferramentas já mais elaboradas de ossos, pedras e madeira, e por suas expressões culturais mais sofisticadas. Tudo indica que o Homem de Neandertal não sobreviveu em suas lidas

com as intempéries e com outros grupos rivais ou foi parcialmente absorvido por outros grupos. Pesquisas antropológicas recentes tem mostrado que além dos neandertais outros grupamentos humanos se desenvolveram em territórios hoje ocupados pela Europa e pela Ásia.

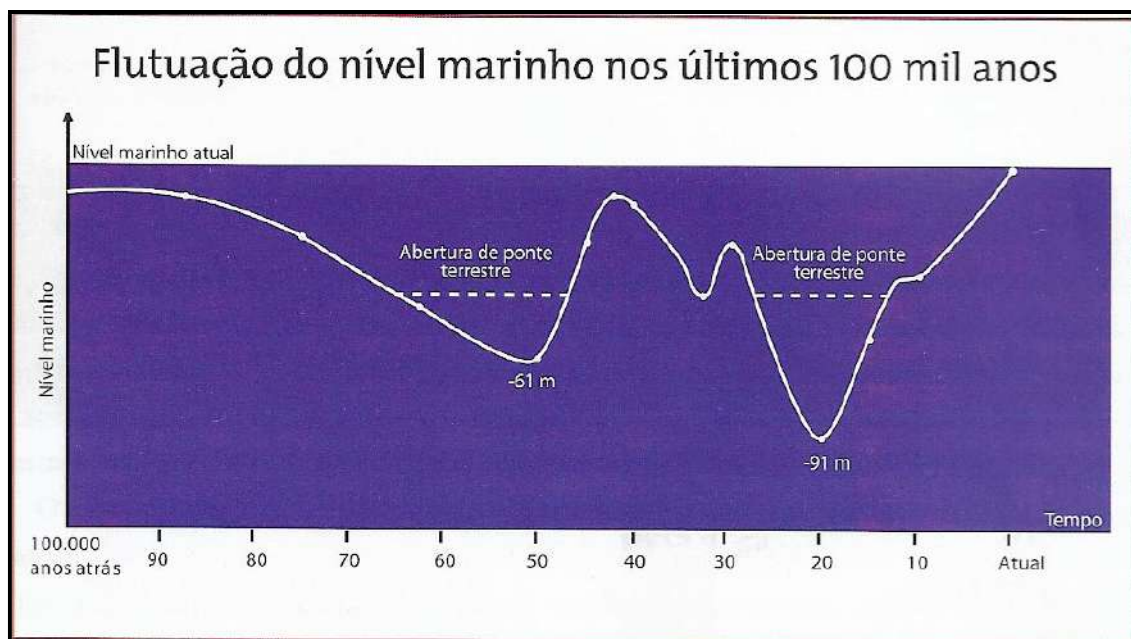
Um especial grupo de *Homo sapiens*, que viria a ser responsável por toda a distribuição da espécie no planeta e por dar origem ao homem moderno, *Homo sapiens sapiens*, surgiu há cerca de 250 mil anos na África. A partir de 60 – 50 mil anos atrás esse grupo procedeu várias levas de imigrações para fora do continente africano alcançando sequencialmente o Oriente Médio, a Ásia a Europa e finalmente, há cerca de 20 mil anos, as Américas. Nesse percurso encontrou outros núcleos humanos locais, impondo-se por suas superiores qualidades tecnológicas e culturais.



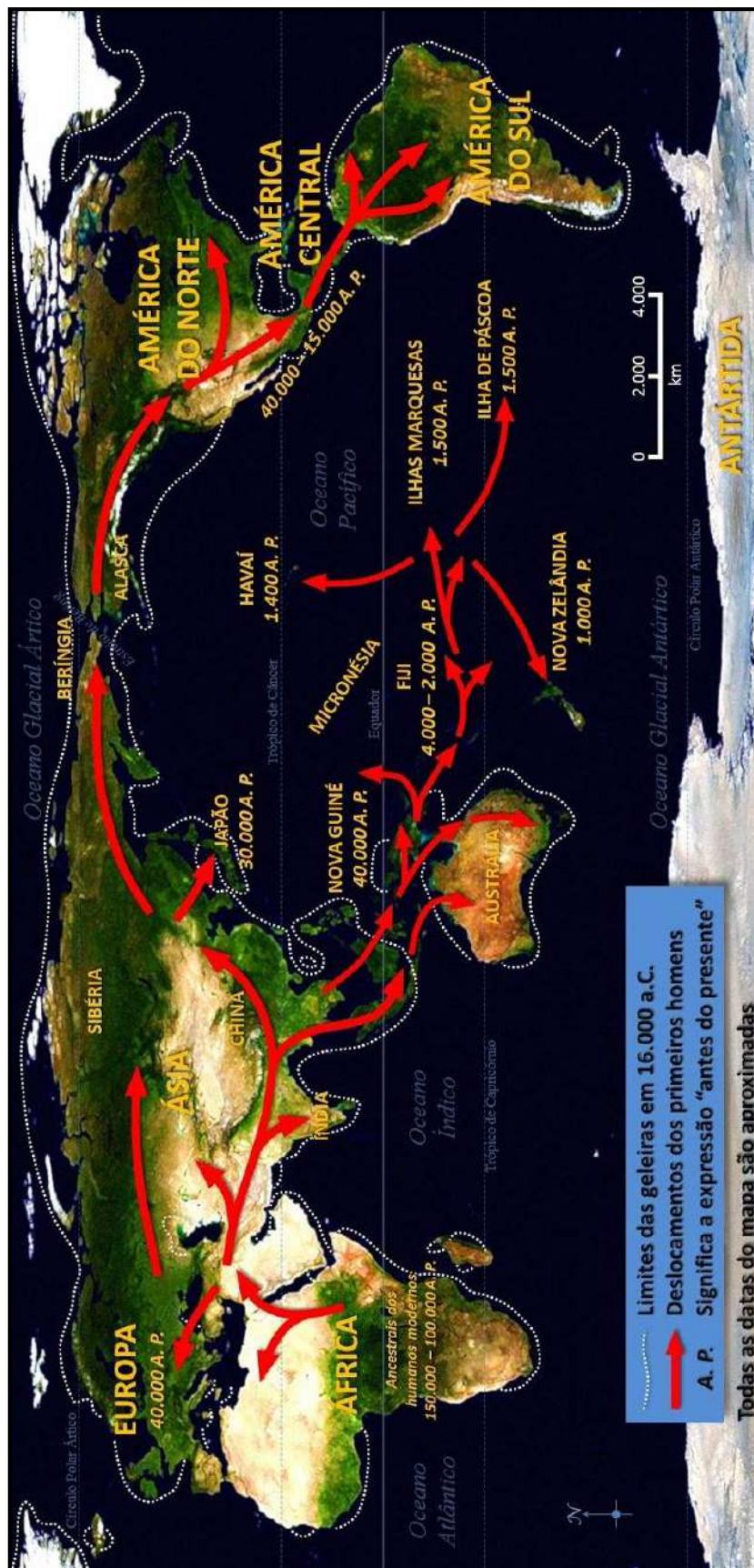
Australopithecus alimentando-se de cupins “pescados” com uma vareta úmida. A ação humana no Paleolítico pouco interferia na Natureza, não era deliberadamente transformadora do meio natural. (Ilustração Ramón M. Maluquer)

É importante considerar que a evolução do Homem não se deu de forma linear e com igual ritmo e características nos diversos povoamentos que se multiplicavam pelo planeta. Muitos grupos deixaram de existir, outros se juntaram e trocaram gens e experiências, enquanto outros grupos se isolaram e apresentaram um desenvolvimento mais acelerado, ou, pelo contrário, muito mais lento. O que hoje a Antropologia, ainda sujeita a constantes novas descobertas, expõe é uma linha geral de evolução, linha que na verdade é uma soma de situações diversas, descontínuas espacial e temporalmente, com períodos de maior evolução e períodos de quase dormência cultural.

Um aspecto marcante e condicionador da evolução humana foi sua relação com o ambiente. Episódios como as migrações, a produção de novos instrumentos, a escolha de moradias e abrigos, o uso de vestimentas protetores, escassez ou abundância de suprimentos, foram decisivamente determinados pelas grandes variações climáticas ocorridas ao longo do Pleistoceno ao Holoceno, especialmente no que se refere aos extensos períodos glaciais que se sucederam nesse espaço de tempo geológico.



A expansão geográfica da presença humana sempre teve os fatores climáticos e geológicos ora como obstáculo, ora como seus indutores e possibilitadores. A formação das “pontes” terrestres por ocasião das grandes regressões marinhas, a exemplo do Estreito de Bering (vide gráfico) foram essenciais na ocupação das Américas. Outra teoria defende que o Homem tenha migrado da Ásia para as Américas aproveitando-se das grandes regressões marinhas, mas navegando pela orla marítima do Pacífico.



Rotas de expansão do Homo sapiens. Imagem Portal Furnari. Do berço africano até as Américas, uma caminhada de menos de 60 mil anos.

2.04 - As relações do Homem com a Natureza. O homem paleolítico

Os antropólogos, apenas como um recurso organizativo, subdividem a historiografia do gênero humano em dois períodos: a Pré-história e a História. A Pré-história, de duração muitíssimo mais longa, inicia-se há cerca de 2,5 milhões de anos com os primeiros seres proto-humanos, o *Homo habilis*, produzindo instrumentos rústicos de pedra e madeira para a realização de alguns trabalhos, como defesa, caça, produção de couros, coleta de frutos e raízes. A História inicia-se há apenas cerca de 4 mil anos, com o aparecimento das primeiras escritas e com o Homem então já bem mais adiantado cultural e tecnologicamente.

A Pré-história é subdividida, por sua vez, em três períodos: o Paleolítico (também denominado Idade da Pedra Lascada), o Mesolítico (período transicional) e o Neolítico (ou Idade da Pedra Polida).

O **período Paleolítico** inicia-se com a Pré-história e finda há cerca de 13.000 anos, quando o Homem começa a abandonar o nomadismo e as cavernas e toscos abrigos, e, já bem mais amadurecido cultural e tecnologicamente, inicia a adoção do sedentarismo e a vida em aldeias/cidades. Um longuíssimo período, com várias diferenciações comportamentais e evoluções anatômicas e intelectuais no ser humano, mas em que prevalece, do ponto de vista da relação desse homem com a Natureza, uma característica básica: **o homem paleolítico não modifica deliberadamente a Natureza — ou seja, não altera as condições naturais de seu hábitat — para o atendimento de suas necessidades elementares de alimentação e moradia. Se seu ambiente natural já não atende a suas necessidades, procura um novo ambiente por simples ato de migração.** Sua capacidade tecnológica na elaboração de ferramentas evolui gradativamente, mas não vai além de instrumentos rudimentares produzidos de pedra lascada, madeira, ossos, chifres e marfim. A unidade social é o grupo, formado por cerca de 25 indivíduos. Mora em abrigos naturais, como cavernas, lapas, e alimenta-se da caça, da pesca e da coleta de frutos e raízes silvestres. Essa característica de caçador e coletor determina seu nomadismo, pois os territórios ocupados rapidamente esgotavam sua capacidade de atender às necessidades alimentares de todo o grupo. Por sua vez, essa capacidade de um determinado território de gerar sustento alimentar suficiente é determinantemente influenciada pelas variações climáticas globais e regionais, na medida em que o resfriamento do clima implicava alterações florestais e migrações animais.

Em resumo, **as relações do Homem Paleolítico com a Natureza não são essencialmente muito diferentes das de outros grupos animais. A capacidade de determinada região natural de prover tudo o que um certo grupo de homens necessitava para a sobrevivência do próprio grupo original e de sua prole era o fator determinante da limitação ecológica do crescimento populacional e para a decisão de migração.** Aliás, o lento crescimento populacional só foi possível em virtude da migração e disponibilidade de novos territórios.

O Paleolítico é subdividido em Inferior, Médio e Superior. Vários são os indicadores que servem aos antropólogos para caracterizar e diferenciar esses diferentes subperíodos: a tecnologia de produção de ferramentas, a sociologia, a cultura, as manifestações artísticas, as manifestações místicas. Para os objetivos do presente livro, consideraremos especialmente o indicador tecnológico, ou seja, a habilidade do Homem de produzir os instrumentos necessários ao atendimento de suas necessidades básicas de alimentação, defesa e abrigo.



Instrumentos rudimentares (raspadores) de pedra lascada do homem paleolítico/mesolítico. O sílex como principal matéria-prima, mas também produzidos a partir de veios de quartzo, dioritos, obsidiana, arenito silicificado e outras rochas de alta dureza. A exploração dessas rochas para a produção dos instrumentos que lhe eram então necessários constituiu a primeira atividade humana de mineração. (Foto Museu do Estado de Pernambuco, História da Pré-História, Centro Cultural do Banco do Brasil)

O fundamental papel desempenhado pelo sílex no desenvolvimento humano na Pré-História

Grande parte dos instrumentos elementares produzidos pelo Homem nessa época foram obtidos a partir do lascamento do sílex, material geológico de certa abundância na Natureza e extremamente duro — grau 7 na escala Mohs de dureza mineral — propriedade que mede a capacidade do mineral em riscar outros minerais e não ser riscado por eles. O sílex proporcionou ao homem paleozóico a possibilidade de ter ferramentas capazes de cortar, raspar, dilacerar, mantendo por muito tempo seu corte, seu fio. O sílex é um material da família do quartzo (óxido de silício – SiO_2) de origem secundária, formado por microcristais fibrosos de quartzo. Como a sílica é muito resistente à decomposição química, os nódulos de sílex sobrexistem ao intemperismo de sua rocha matriz e normalmente passam a compor as cascalheiras de rochas sedimentares e aluviões, juntamente com outros tipos de seixos silicosos. É muito provável que o homem paleozóico recolhia seus seixos de sílex, especialmente ao longo do leito de riachos pedregosos. As madeiras silicificadas também constituíram,

quando presentes, importante fonte para a produção dessas ferramentas. Tem sido comum a descoberta de sítios arqueológicos à margem de cursos d'água com jazimento de seixos de sílex, o que indica a importância estratégica desse material geológico na vida do homem paleolítico. Mais rara, mas também importante para o homem da Pré-História, foi a obsidiana, material vítreo de sílica amorfa, de origem vulcânica que, com sua dureza similar ao sílex e sua característica fratura conchoidal, proporcionava a produção de ferramentas cortantes e de apreciadas pontas para facas, lanças, azagaias e flechas. Da mesma forma também foi explorado o diorito, rocha efusiva afanítica resultante da consolidação de magmas graníticos, composta essencialmente de microcristais de quartzo e feldspato. No Sudeste brasileiro foi muito utilizado o arenito “cosido”, qual seja, o arenito silicificado da Formação Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná, originado do contato dos derrames da lava basáltica paleozóica sobre camadas arenosas.

O **Paleolítico Inferior** estende-se de 2,5 milhões de anos atrás, com o advento do Homo habilis, até há cerca de 300 mil anos, quando do surgimento dos primeiros H. sapiens — o Homem de Neandertal. No PI as ferramentas produzidas por lascamento de sílex são ainda bastante rústicas, resumindo-se a dois tipos básicos: a lasca cortante e o “chopper”, ou marchete, que seria o bloco facetado restante do núcleo original de sílex. Com a lasca e o “chopper” trabalhavam-se instrumentos, também rústicos, de madeira e ossos. Foi ao longo do PI que o homem aprendeu a dominar o fogo, então usado apenas para aquecimento e como elemento afugentador de animais predadores.

O **Paleolítico Médio** inicia-se há cerca de 300 mil anos — apresentando como evento mais notável o aparecimento do Homem de Neandertal — e se estende até 40 mil anos atrás. No PM observa-se um grande desenvolvimento da habilidade técnica do lascamento de pedras para a produção de ferramentas, o que proporcionou a diversificação dos tipos dessas ferramentas e sua propriedade em trabalhar outros materiais como a madeira, ossos, chifres e marfim para a produção de novos instrumentos. Um grande avanço também foi conseguido nas técnicas de encabamento, ou seja, de fixação de ferramentas em cabos e hastes que proporcionavam um incrível maior alcance e rendimento do trabalho.

O avanço tecnológico do lascamento do sílex e outros materiais geológicos de grande dureza, como a obsidiana, proporcionou também uma certa independência dos grupos humanos em relação às fontes dessas matérias-primas, pois permitiu que eles transportassem em suas migrações pequenas peças rochosas já trabalhadas em vez de um núcleo maior de rocha matriz.



Belo machado paleolítico de obsidiana, obtido de esmerada técnica de lascamento bi-face. Imaginem bem o refinamento dessa técnica de lascamento para que depois do instrumento já bastante adiantado não se o perdesse por um golpe mal calculado. (Foto Museu Nacional da Quinta da Boa Vista, RJ, História da Pré-História, Centro Cultural do Banco do Brasil)

O **Paleolítico Superior** estende-se de 40 mil anos até cerca de 13 mil anos atrás, tendo como referência antropológica o Homem de Cro-Magnon, anatomicamente bastante assemelhado ao homem atual. Uma verdadeira revolução tecnológica se processa nas técnicas de lascamento da pedra, proporcionando a produção de delgadas lâminas de pedra de grande serventia para serviços rotineiros e para o trabalhamento de outros materiais não pétreos. Uma característica marcante dessa revolução tecnológica foi o advento da técnica do microlascamento das bordas cortantes das lâminas e demais ferramentas de pedra, o que proporcionou a essas ferramentas propriedades cortantes extremamente superiores às anteriores. As técnicas de encabamento, o uso de artifícios propulsores, a fabricação de variados tipos de arpões e de pontas para lanças e azagaia, o incremento de técnicas de caça em grupos, a fabricação de potes de barro que proporcionavam o cozimento e melhor conservação de alimentos, melhoraram muito as condições de sobrevivência humana no PS. Estavam sendo acumuladas as condições objetivas para uma radical mudança das relações do Homem com a Natureza.

O período **Mesolítico** é bastante curto em relação aos anteriores, estendendo-se de cerca de 12 mil anos a.C. a 9 mil anos a.C. Os desenvolvimentos humanos nesse período são associados ao final da última grande era glacial: as condições ambientais do planeta começavam a aproximar-se dos padrões atuais. Vastas áreas antes cobertas por gelo tornavam-se acessíveis. Regiões temperadas ficaram mais quentes, tundras e estepes davam lugar a densas florestas, formaram-se os férteis vales do Nilo, da bacia do Tigre e Eufrates, do Indo e do Amarelo (Yang-tse Kiang). A vida animal apresentava um notável florescimento. A par disso, o impulso do desenvolvimento tecnológico, alimentado pelas maiores trocas de experiências entre grupos antes apartados, potencializa-se. A disseminação do uso do arco e da flecha proporciona uma revolucionária vantagem na arte da caça. O uso do fogo na tecnologia de produção de

ferramentas e instrumentos de pedra, madeira, ossos e barro abre novas perspectivas comportamentais para os grupos.

Todos esses avanços tecnológicos, coincidentes com uma fantástica melhoria nas condições ambientais, proporcionam ao Homem mesolítico a percepção de sua diferença em relação aos outros animais e de seu grande poder material e intelectual para o enfrentamento dos perigos e dificuldades de toda ordem que lhe impunha a Natureza. Estavam dadas as condições para a Revolução Neolítica.



À chegada dos primeiros portugueses, os índios brasileiros, antropologicamente atrasados em relação às civilizações americanas neolíticas avançadas dos Incas, Astecas e Maias, de uma forma geral viviam dentro de uma cultura mesolítica, fundamentalmente ainda dependentes da caça, da pesca e da coleta silvestre, mas já praticando algumas atividades agrícolas primárias como o cultivo do inhame, da mandioca, da abóbora, da batata-doce nativa e do milho. (Foto Portal Elite Brasil)

2.05 - A Revolução Neolítica

É no período Neolítico, que se estende de cerca de 10 mil a.C. a 5 mil anos a.C., que culmina o lento processo paleolítico em que o Homem vai acumulando transformações anatômicas e intelectuais que lhe permitirão mudar drasticamente suas relações com a Natureza. Como sempre, serão as necessidades que se colocarão como indutoras das conquistas tecnológicas e culturais.

Até então, o sustento e a decorrente possibilidade de aumento populacional do homem pré-neolítico, coletor e caçador, eram proporcionados pela alternativa da migração do grupo em busca de regiões mais ricas em caça, pesca e alimentos vegetais. No entanto, com o aumento dos indivíduos em cada grupo e o aumento de grupos disputando os mesmos espaços de abundância em caça e coleta, as migrações foram se tornando extremamente trabalhosas e problemáticas. Ao mesmo tempo, severas limitações ambientais, impostas pelo último período glacial, provocaram desequilíbrios

ecológicos que redundaram na escassez das fontes alimentares até então utilizadas. Em seu inexorável impulso de reprodução e multiplicação, ao Homem, agora pressionado compulsoriamente para o sedentarismo, apresentava-se uma única alternativa: a superação dos limites ecológicos de seu hábitat, a alteração das potencialidades nutricionais desse hábitat por meio da agricultura e da atividade pastoril. **Essa é a essência revolucionária da Revolução Neolítica: o Homem passa a garantir as condições de seu desenvolvimento e multiplicação não mais pela migração, mas pela alteração orientada das condições naturais de seu hábitat.** Do ponto de vista da evolução antropológica, pode-se afirmar que o Homem vence o empenho da Natureza (por força e através das limitações ecológicas do hábitat) em equilibrar o número de indivíduos da espécie, mudando, por sua inteligência e deliberação racional, as propriedades físicas e ambientais desse próprio hábitat. Para tanto, eram-lhe dados, por acúmulo e troca de experiências e pela vivência de um longo processo de observação e apreensão de fenômenos naturais, os conhecimentos e as condições tecnológicas necessários para tanto.

Inicia-se assim, no Neolítico, através ainda de rústicas técnicas, o que viria a se tornar o avassalador destino do Homem como Agente Geológico transformador do planeta.



Instrumentos de pedra polida, compatíveis com o Mesolítico, encontrados na região de Sorocaba, SP. (Foto Jornal Cruzeiro do Sul)

Obviamente a revolução tecnológica neolítica não aconteceu a um só momento com todos os grupos humanos e em todas as regiões por eles ocupadas. Este processo se espalhou progressivamente por todo o mundo com base nas condições maduras para tanto e na crescente troca de experiências entre diferentes grupos humanos.

Os estudos antropológicos mais recentes indicam o aparecimento das primeiras formas rudimentares de agricultura e pecuária na região hoje conhecida por Oriente Médio há cerca de 12 mil anos. Em uma seqüência histórica, a agricultura foi gradativamente observada na Índia, na China, na Europa, na África Mediterrânea e, por fim, nas Américas. Dependendo das condições fisiográficas de cada uma dessas regiões, a agricultura e a pecuária neolíticas esmeraram-se na seleção de espécies

agrícolas mais adequadas de cereais, como cevada, trigo, lentilha, grão-de-bico, arroz, soja e milho, tubérculos e legumes. Já as rudimentares práticas pecuárias privilegiavam cabras, carneiros, porcos, bovídeos, iaques, jumentos, cavalos, renas, galináceos, perus e patos, alpacas e lhamas.



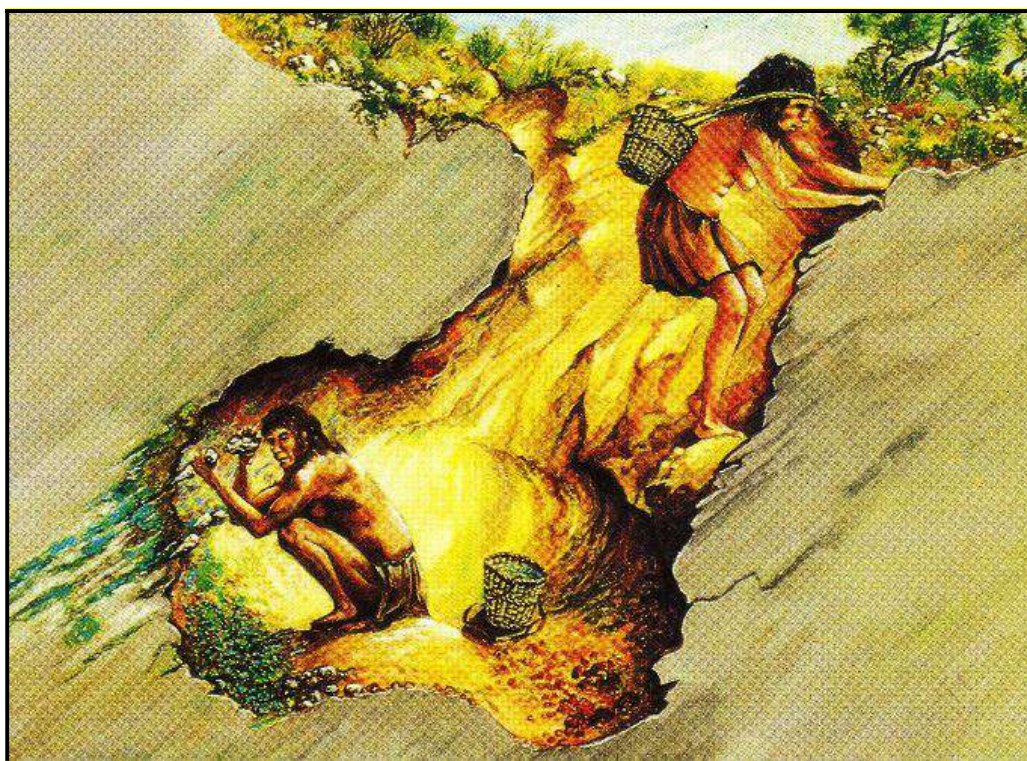
Machadinha de pedra polida encabada. As técnicas vão se refinando continuamente, processo comandado pelas crescentes necessidades a cada dia mais diversificadas. (Foto Coleção Baltar Assurini, Museu do Estado de Pernambuco, História da Pré-História, Centro Cultural do Banco do Brasil)



Atividade agrícola de tribos de desenvolvimento tardio na África. Cena que deve ter sido típica da revolução agrícola neolítica. (Foto Géographie Generale, Classique Hachette)

Se a atividade agrícola e pastoril foi uma resposta às necessidades colocadas por questões sociais advindas do aumento populacional e pela multiplicação dos agrupamentos humanos (tribos), assim como por questões ambientais restritivas, a agricultura e o pastoreio impuseram, por si, um conjunto de novas necessidades que impulsionaram veloz e exponencialmente o desenvolvimento tecnológico: produção de excedentes, armazenamento/ensilagem, transporte e tração de produtos e ferramentas, irrigação, drenagem, preparação e conservação de alimentos, seleção de melhores espécies vegetais e animais, tratos agrícolas, etc. Sem dúvida, o exercício mental dirigido para a solução das inúmeras novas questões que se apresentavam ao Homem Neolítico dava os traços finais para a conformação da capacidade intelectual do ser humano contemporâneo.

Por outro lado, o sucesso da Revolução Tecnológica Neolítica foi tal para a espécie humana que implicou uma verdadeira explosão demográfica, considerados os aumentos populacionais de até então. O aparecimento das primeiras cidades não se fez por esperar: era a resposta organizativa e social às demandas por segurança, diversificação de especializações profissionais, atividades organizativas e administrativas, surgimento de formas culturais e religiosas superiores, hierarquização social na administração, no trabalho e na religião, aparecimento das primeiras formas de Estado como função organizadora de atividades e dirimente de conflitos. Enfim, estavam plantadas as bases das futuras sociedades humanas que evoluíram para os modos de produção do escravagismo, do feudalismo e do capitalismo. Essas aldeias e cidades chegavam a abrigar populações entre 5 e 30 mil indivíduos.

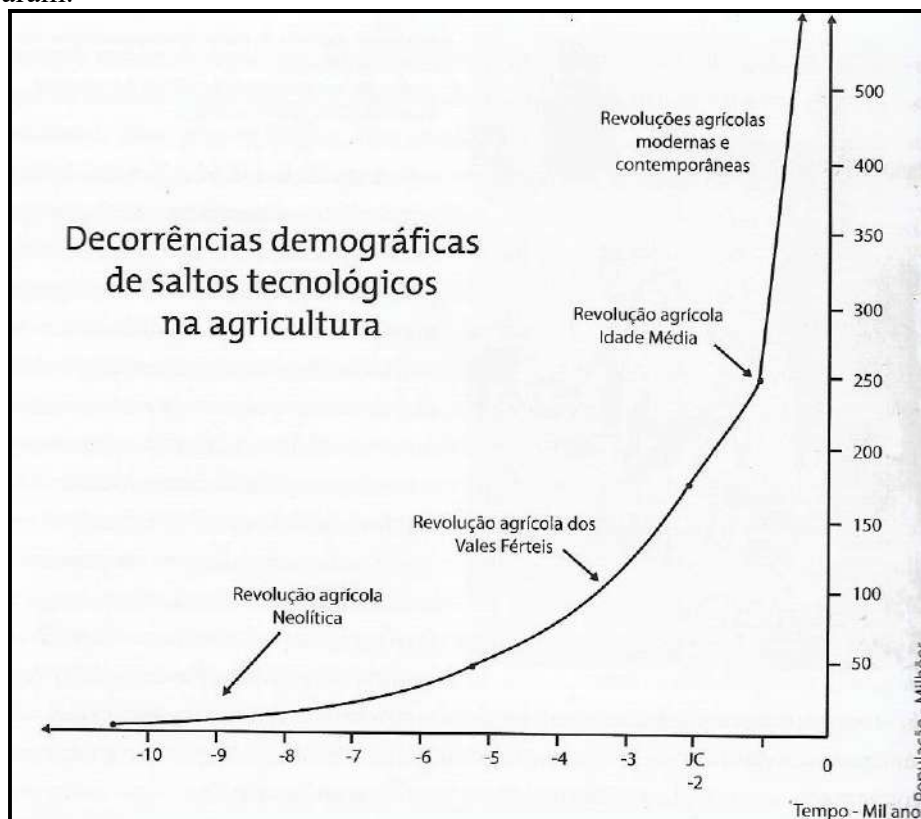


Mineração rudimentar de marcassita (minério de cobre) na Idade do Bronze.
(Ilustração Jean Decordes, Espace Muséographique de Cabrières, Hérault, França)

Do ponto de vista tecnológico, alguns desenvolvimentos tiveram significado notável: o uso da tração animal, a invenção da roda, o barco à vela, o uso agrícola de queimadas, a adubação de solos, técnicas de drenagem, represamento e irrigação, os aperfeiçoamentos da pedra lascada em sílex e da pedra polida, o início do uso de

metais, o tratamento do couro como material para os mais diferentes usos, a tecelagem, a descoberta da energia hidráulica.

Os vales férteis do Tigre e Eufrates, Nilo, Indo e Amarelo desempenharam um importantíssimo papel na agricultura neolítica. Como as aldeias e cidades não poderiam estar distantes da atividade agrícola, foi nessas próprias regiões que elas surgiram e prosperaram.



A correspondência entre as revoluções tecnológicas e os saltos populacionais. A espécie humana “dando certo” no planeta com o uso crescente de sua capacidade intelectual.

Como nem sempre os materiais de construção, especialmente madeira, pedras e argila, eram encontrados nesses locais na crescente quantidade necessária, é de imaginar que essa condição induziu o incremento de trocas comerciais e o surgimento de cidades e regiões especializadas na produção desse ou daquele insumo. Essa necessária atividade de trocas comerciais potencializou, por sua vez, a troca de experiências e conhecimentos técnicos, condição essencial para a expansão e consolidação da cultura neolítica. Como principais centros irradiantes da civilização neolítica destacam-se o Centro Próximo Oriental (Oriente Médio), o Centro Chinês (Norte da China), o Centro Neo-guineense (Nova Guiné) e o Centro Americano (Sul do México).

A Revolução Neolítica constituiu o berçário pródigo para o surgimento das primeiras grandes civilizações, sociedades organicamente já bem mais complexas e de grande energia desenvolvimentista. Em resposta natural às características favoráveis dos terrenos para a prática agrícola, entre o 4.º e o 3.º milênio A.C., surgiram e desenvolveram-se a civilização suméria no baixo vale dos rios Tigre e Eufrates, a civilização egípcia no Vale do Nilo, a civilização indiana no Vale do Indo e a civilização chinesa no Vale do Amarelo. Seguem-lhes as civilizações grega e romana,

as civilizações européias, as civilizações pré-colombianas nas Américas, astecas, maias e incas.

Os avanços culturais e tecnológicos multiplicam-se em escala geométrica, necessidades atendidas geram novas necessidades, que impulsionam a capacidade e os impulsos cognitivos para novos conhecimentos. Cada nova descoberta promove o aumento da capacidade do Homem de intervir nos elementos da Natureza e utilizá-los como fontes primárias para o atendimento de suas crescentes necessidades.

O contingente populacional cresce exponencialmente, as cidades multiplicam-se, especializando-se com o crescimento das trocas comerciais de alimentos, matérias-primas, ferramentas, vestimentas e outras mercadorias. O escravagismo torna-se o expediente alavancador dos mais variados empreendimentos agrícolas, urbanos e culturais. Surge o modelo central de poder na figura do Rei ungido por divindades. As necessidades de registros e comunicação levam à produção das primeiras escritas.

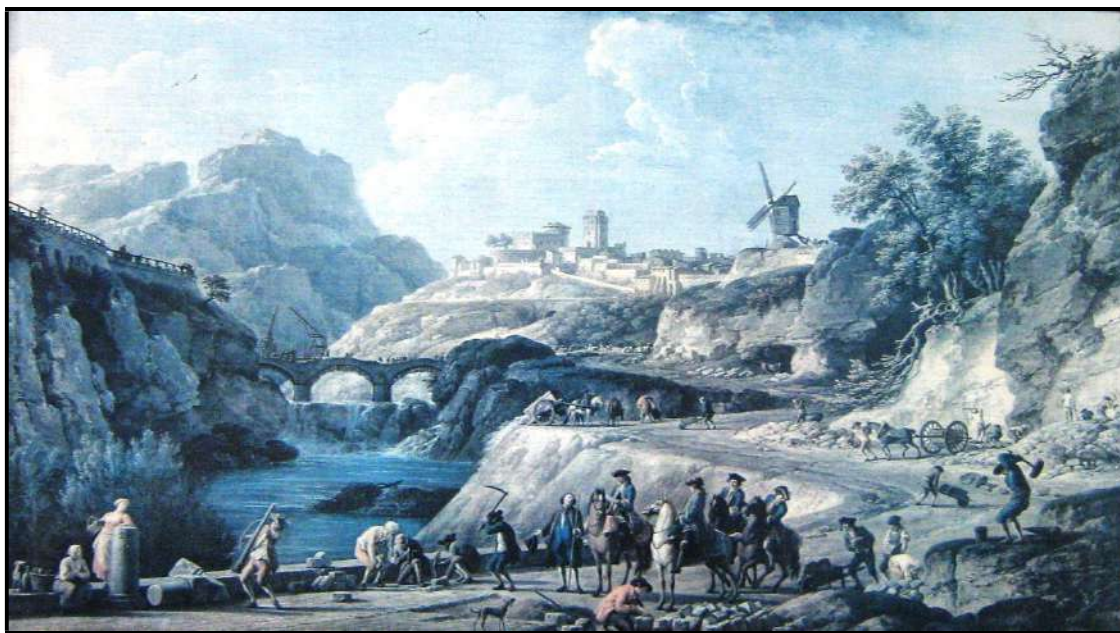
Inovações tecnológicas sucessivamente revolucionam as sociedades e seu desenvolvimento econômico: domínio completo do fogo, roda, uso da alavanca, produção cerâmica, tração animal, transporte animal, energia hidráulica, linguagem escrita, uso de metais, metalurgia do cobre, bronze, ferro e aço, uso do betume, ferradura e apetrechos de encilhamento para animais de tração e transporte, implementos agrícolas, melhoramentos vegetais, invenção do vidro, técnicas de conservação de alimentos, parafuso/porca, construção naval, bússola e outros equipamentos de orientação espacial, novas técnicas agrícolas e de mineração, energia a vapor, invenção do cimento Portland, novas técnicas construtivas, o desenvolvimento do plástico, energia elétrica, motor a explosão. Para ter uma idéia do papel dos avanços tecnológicos no ritmo e na dinâmica do desenvolvimento econômico e social das sociedades humanas, sabe-se hoje que o atraso das civilizações pré-colombianas nas Américas em relação às civilizações contemporâneas da Ásia, África e Europa explica-se pelo não domínio do uso da roda, de metais na fabricação de utensílios e ferramentas e da indisponibilidade natural de bons animais de tração, carga e transporte, notadamente o cavalo e os muare.

As principais formas de intervenção direta do Homem na natureza geológica, por força e demanda de seu desenvolvimento tecnológico, social e cultural, desde muito cedo são a **agricultura/pecuária** (por meio do desmatamento, do revolvimento de solos, das operações de drenagem e irrigação), a **exploração de florestas naturais** (para fins construtivos e energéticos), a **mineração** (mediante a exploração de insumos minerais para a construção e para a produção de metais utilitários), a **urbanização** (por meio da construção e expansão de cidades e de todos os equipamentos decorrentes da necessidade de abastecimento de água e esgotamento sanitário) e a **produção de energia** (com as sucessivas formas de aproveitamento das fontes energéticas naturais).

O planeta já não era o mesmo dos tempos pré-neolíticos. Às revoluções tecnológicas, até então preponderantemente de fundo agrícola e militar, sucede, ao final do século XVIII, a Revolução Industrial, proporcionada pelo domínio da energia a vapor e das máquinas a vapor, potencializada mais adiante, já nos séculos XIX e XX, sucessivamente pelo domínio da energia elétrica e da energia extraída de combustíveis fósseis — petróleo e carvão. O uso intensivo do aço, a produção de máquinas, a disseminação de ferrovias, o motor a explosão, a agilidade nas comunicações, o surgimento da aviação marcam a escalada para a mais recente das revoluções tecnológicas, a revolução digital. Como não poderia deixar de ser, a esse vertiginoso avanço tecnológico corresponde uma explosão populacional sem precedentes. Mal ou bem alimentados, agora são bilhões de seres humanos a demandar toda sorte de insumos, impondo em escala exponencial a necessidade de maiores intervenções no

planeta. Demograficamente o Homem impõe-se como uma espécie definitivamente vencedora.

Logo abaixo, interessante quadro de autor desconhecido mostra intensas atividades de engenharia na Idade Média: pedreiras para produção de paralelepípedos, pavimentação com paralelepípedos, construção de pontes, abertura de vias, entre outras obras. (Foto do Autor de quadro exposto na Prefeitura Municipal de Jacareí - SP).



Da aração e da colheita manuais até poucos séculos atrás a uma agricultura altamente mecanizada de nossos dias. Um aumento fantástico das áreas cultivadas e da produtividade agrícola. Foto de folheto promocional.



A necessidade de materiais naturais de construção (brita, areia, argila, calcário para cimento e cal) vem requerendo minerações a cada dia mais intensas e extensas, utilizando-se de tecnologias mecanizadas e automatizadas de máximo rendimento. Na foto, pedreira para produção de brita em Mairiporã (SP). (Foto Revista Mineração&Brita)



Mineração de ferro em Carajás – PA. Uma necessária e radical alteração da paisagem natural local. Foto Lúcio Flávio Pinto – O Estado Net.

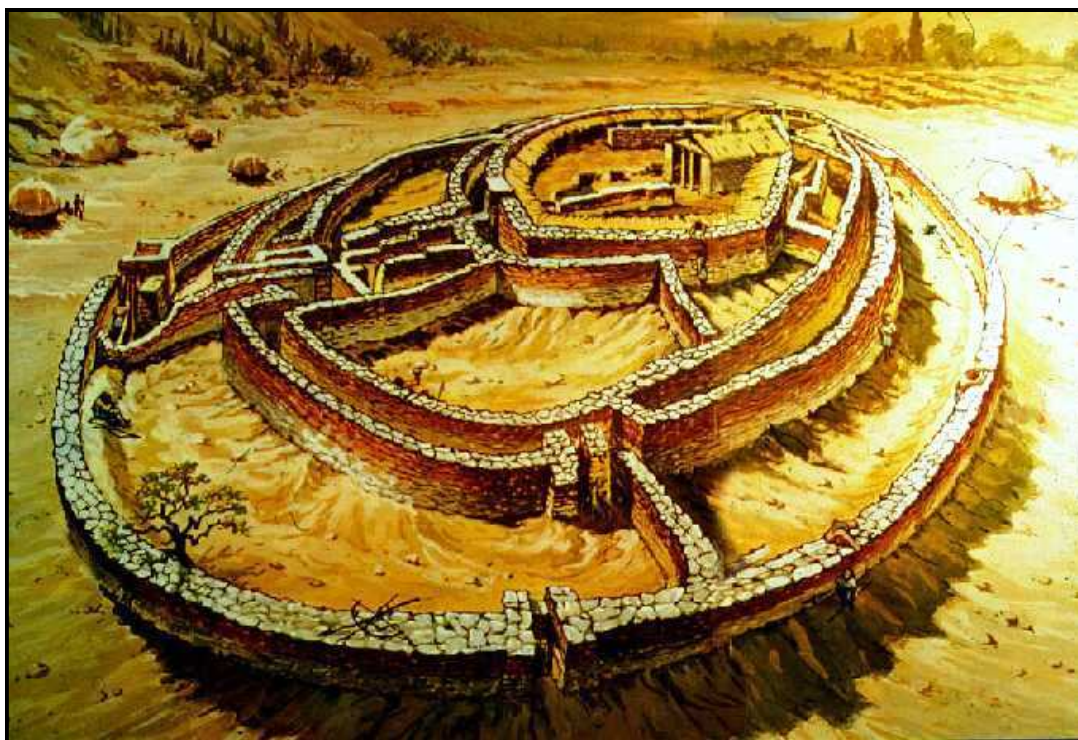


Modificando o regime natural das águas, criando lagos, gerando energia que irá permitir ainda maiores intervenções no planeta. Hidrelétrica de Itaipu. (Foto Caio Coronel/Itaipu Binacional)

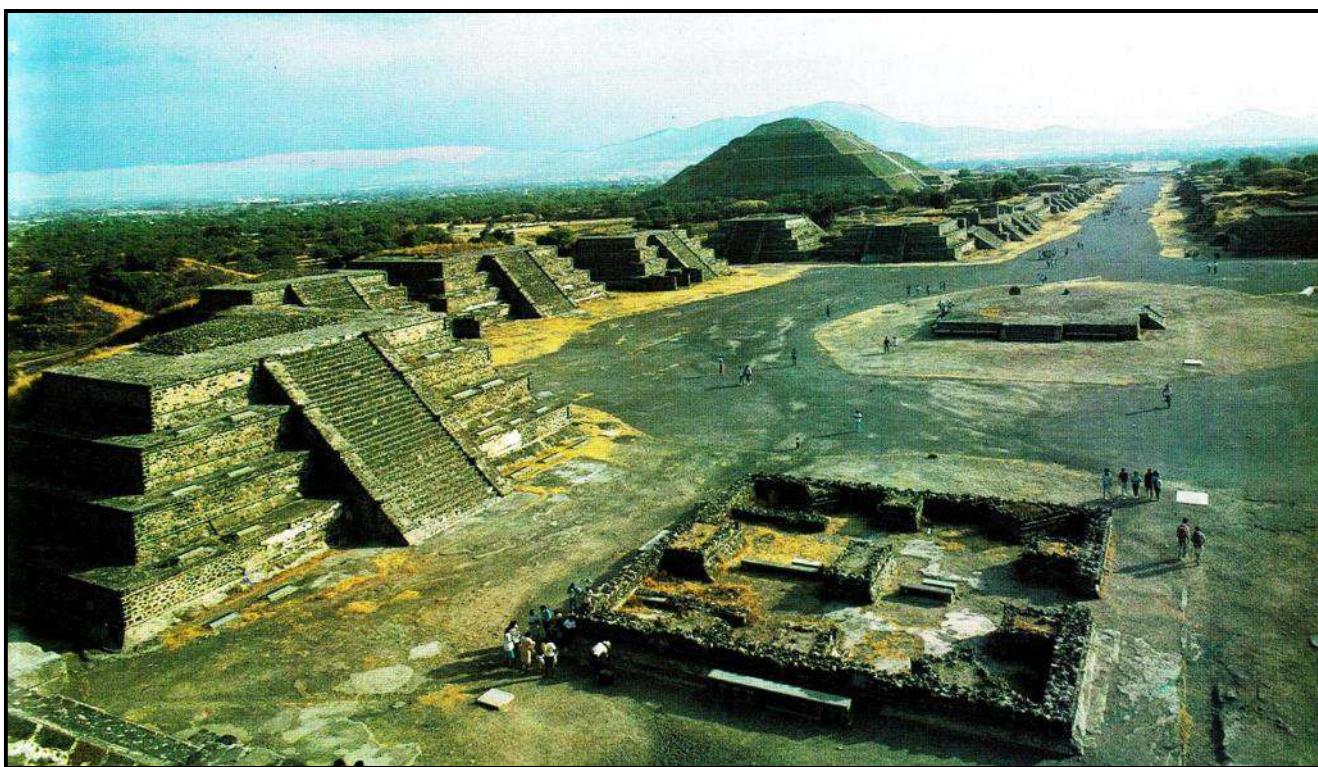
A Biosfera está agora já totalmente transformada. As cidades, as vias de comunicação, a produção agrícola e mineral, a produção de energia, transformaram por ação direta a geologia e a biologia da superfície do planeta. Essas ações diretas são temerariamente agora coadjuvadas por alterações não programadas, de caráter indireto, sendo as principais delas o efeito estufa e todas as modificações ambientais que de alguma forma colaboram para alterações climáticas globais.



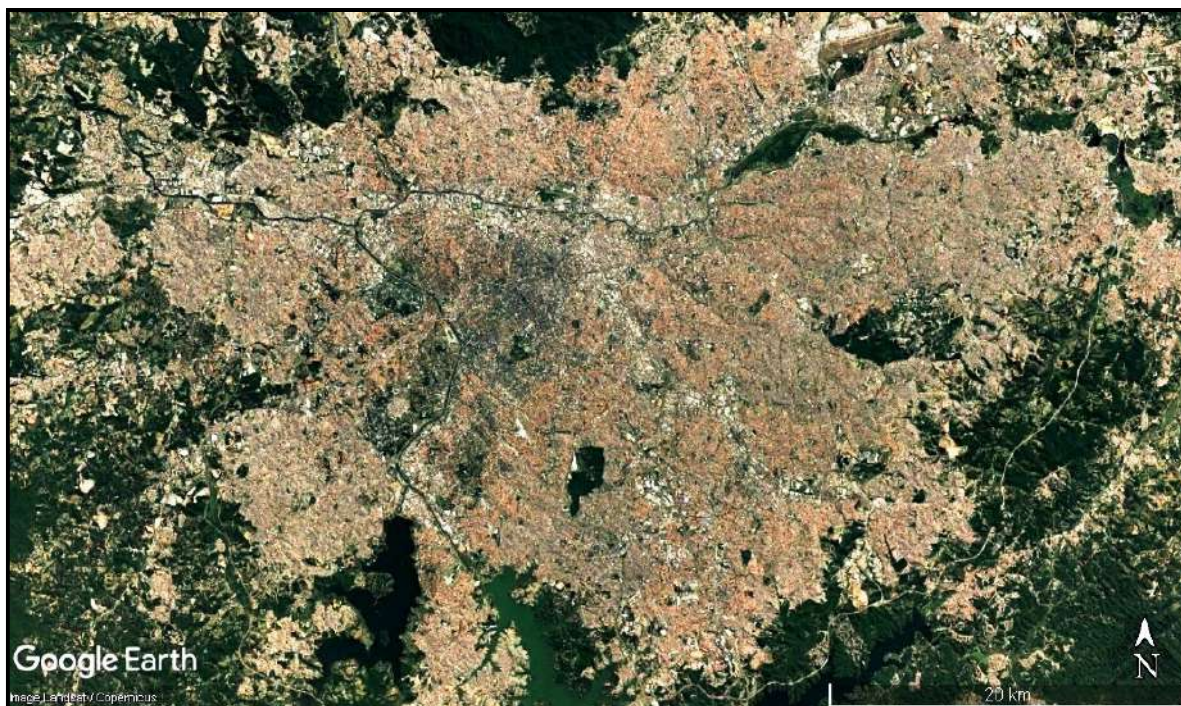
Aldeia no Alto Xingu. (Foto Thomas Gregor)



Recomposição da Aldeia Neolítica de Dimini, nos Bálcãs. (Ilustração Évora Belas Artes)



Teotihuacan, a grande cidade asteca de idade pré-colombiana. (Foto Editorial Bonechi)



Região Metropolitana de São Paulo, uma enorme placa de asfalto e concreto em expansão acelerada. De pequenas e pouco invasivas aldeias as cidades foram progressivamente se tornando as formas mais drásticas de alteração antrópica do ambiente. (Imagem Google Earth)

2.06 - Os atuais dilemas da Humanidade

De uma anterior situação em que a disponibilidade de espaços e recursos naturais era imaginada como praticamente infinita, o Homem é colocado hoje, pela primeira vez em sua trajetória, face a face com a patente finitude de muitos desses recursos e espaços, como também com dimensões inesperadas, e gravíssimas, de desarmonizações ambientais provocadas pela diversidade, intensidade e persistência de ações sobre o meio natural. Essa percepção da limitação física de espaços e recursos naturais encontra a Humanidade ainda perigosamente despreparada para a reação tecnológica e comportamental necessária a uma eficaz reversão dos processos de desequilíbrio ambiental. Nações em disputa, estruturas de poder e interesses econômicos fortíssimos em jogo, dissensões políticas, sociais, ideológicas e religiosas em alto nível de acirramento, disseminação comercial de uma cultura consumista compulsiva associada à pregação insistente de comportamentos de exacerbado individualismo, têm impedido na prática a tomada de decisões coletivas globais, decisões que necessitariam ser entendidas e assumidas como decisões da Humanidade, decisões da espécie humana. É de se perguntar se a Humanidade conseguirá resolver essas questões todas a tempo de salvar seu único hábitat de danos irreversíveis.

Do ponto de vista científico e tecnológico, felizmente tem-se avançado muito na produção dos instrumentos e conhecimentos necessários à implementação de programas de reabilitação ambiental do planeta, o que tem permitido que algo de concreto já venha sendo feito por países, governos e instituições públicas e privadas com maior senso de responsabilidade. Esse acúmulo de conhecimentos e experiências constituirá a base tecnológica necessária às decisões que, mais cedo ou mais tarde (porém, que seja ainda a tempo), deverão ser tomadas coletivamente.

Por outro lado, muitos empreendimentos humanos sobre o planeta têm resultado em insucessos técnicos, econômicos e ambientais, ainda que não estejam associados a desequilíbrios ambientais globais. Porém, as consequências sociais, pelas perdas e desperdícios patrimoniais e econômicos envolvidos nesses insucessos, são de enorme gravidade para o Homem, pois acabam por subtrair recursos financeiros e materiais de extrema importância para o atendimento, especialmente nos países do Terceiro Mundo, das graves e crônicas carências que caracterizam sua sociedade e sua economia.

Tanto as intervenções humanas no planeta que comprometem as condições vitais globais do hábitat da espécie humana, como os seguidos erros técnicos que levam ao insucesso de obras e serviços, com repercussões somente locais ou regionais, têm em comum uma raiz causal: o desrespeito às leis e processos naturais que estão sendo impactados pelas ações humanas. Ou por desconhecimento, ou por descuido, ou por irresponsabilidade. Do que decorre que o dilema humano em relação a essas questões e ao seu próprio futuro como espécie exige decisões de duas dimensões: a dimensão comportamental e a dimensão científico-tecnológica. Nesta última, sobressai a necessidade de melhor entender as dinâmicas naturais que serão impactadas em um empreendimento humano, e absorver essas dinâmicas na concepção dos projetos, dos planos de execução, nas regras de operação futura do empreendimento implantado. Enfim, conversar com a Terra. Modestamente, as páginas a seguir se propõem contribuir para o aperfeiçoamento desse diálogo.

2.07 - A ocupação do território brasileiro

Há uma conotação geral que caracteriza a ocupação físico-econômica do território brasileiro desde os tempos coloniais: o total desprezo pelo que possa, ambiental e socialmente, vir a decorrer das técnicas escolhidas para tanto. No início da colonização pode-se dizer que essa grave atitude se devesse à noção geral de “terra de ninguém”, do caráter predatório e quase de saque que marcou as relações da metrópole com a recém-descoberta colônia. Mais adiante, certamente essa atitude foi sustentada pela concepção de inesgotabilidade de território, dada pela continental dimensão do novo mundo e facilidade legal de se apropriar privadamente de novas áreas. Ou seja, sempre pareceu mais prático e barato avançar para novas fronteiras agrícolas, extrativistas e pecuárias do que cuidar melhor dos territórios já ocupados.

O tempo encarregou-se de apresentar à sociedade brasileira o preço dessas atitudes culturais. Vastas áreas desflorestadas, submetidas a uma superexploração **extrativista** (madeira), **agrícola e pastoril** sem nenhum cuidado técnico maior, são em seguida abandonadas por ter seus solos degradados física e agronomicamente, carregados pela erosão e lixiviados em seus nutrientes. Nessas condições, especialmente em regiões de relevo um tanto mais acidentado, a ocupação de encostas com declividades altas — como em vasta região de Minas Gerais e no Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo — potencializou a degradação dos solos por pisoteio de gado, erosão e lixiviação dos solos. Como decorrência, quando o deslocamento para novas áreas virgens por algum motivo torna-se impossível, os gastos em adubação química e pesticidas tornam-se astronômicos para sustentar as produtividades pretendidas nas áreas originais.



O café, cultura que, juntamente com a cana, implicou a sucessão trágica de desmatamentos extensivos e erros de manejo agrícola. (Quadro de Portinari)



Paisagem típica do mar de morros que se estende por toda a faixa leste dos estados do RJ, SP e MG. Terrenos desmatados sucessivamente utilizados para a produção da cana, café, roças várias e, por último, como pastos para pecuária bovina. Solos empobrecidos agronomicamente e lixiviados de seus nutrientes, hoje abandonados à erosão laminar e à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas. (Foto do Autor)

O país gasta muitos bilhões de reais em fertilizantes e defensivos agrícolas por ano. Perda de solo por processos erosivos, assoreamento da rede hidrográfica e de baixios, depleção do nível do lençol freático, contaminação das águas continentais por defensivos agrícolas, etc., são algumas das graves consequências do desregramento técnico e comportamental da ocupação do território brasileiro.

“Esquecemo-nos, todavia, de um agente geológico notável — o homem.

Este, de fato, não raro reage brutalmente sobre a terra e entre nós, nomeadamente, assumiu, em todo o decorrer da história, o papel de um terrível fazedor de desertos.

Começou isto por um desastroso legado indígena.

Na agricultura primitiva dos silvícolas era instrumento fundamental — o fogo.

Entalhadas as árvores pelos cortantes *digs* de diorito; encoivarados, depois de secos, os ramos, alastravam-lhes por cima, crepitando, as caiçaras, em bulcão de fumo, tangidas pelos ventos. Inscreviam, depois, nas cercas de troncos combustos das caiçaras, a área em cinzas onde fora a mata exuberante. Cultivavam-na. Renovavam o mesmo processo na estação seguinte, até que, de todo exaurida, aquela mancha da terra fosse, imprestável, abandonada em caapuera — mato extinto — como o denuncia a etimologia tupi, jazendo dali por diante irremediavelmente estéril porque, por uma circunstância digna de nota, as famílias vegetais que surgiam subsecutivamente no terreno calcinado eram sempre de tipos arbustivos enfezados, de todo distintos dos da selva primitiva. O aborígene prosseguia abrindo novas roças, novas derrubadas, novas queimas, alargando o círculo dos estragos em novas caapueras, que ainda uma vez deixava para formar outras noutros pontos, aparecendo maninhas, num evolver enfezado, inaptas para reagir com os elementos exteriores, agravando, à medida que se ampliavam, os rigores do próprio clima que as flagelava, e entretecidas de carrascais, afogadas em macegas, espelhando aqui o aspecto adoentado da catanduva sinistra, além a braveza convulsiva da caatinga brancacenta.

Veio depois o colonizador e copiou o mesmo proceder. Engravesceu-o ainda com o adotar, exclusivo, no centro do país, fora da estreita faixa dos canaviais da costa, o regímen francamente pastoril.

Abriram-se desde o alvorecer do século 17, nos sertões abusivamente sesmados, enormíssimos campos, conspícuos sem divisas, estendendo-se pelas chapadas em fora. Abria-os, de idêntico modo, o fogo livremente aceso, sem aceiros, avassalando largos espaços, solto nas lufadas violentas do nordeste. Aliou-se-lhe ao mesmo tempo o sertanista ganancioso e bravo, em busca do silvícola e do ouro. Afogado nos recessos de uma flora estupenda que lhe escurentava as vistas e sombreava perigosamente as tocaias do tapuia e as tocas do canguçu temido, dilacerou-a golpeando-a de chamas, para desafogar os horizontes e destacar bem perceptíveis, tufando nos descampados limpos, as montanhas que o norteavam, balizando a marcha das bandeiras.

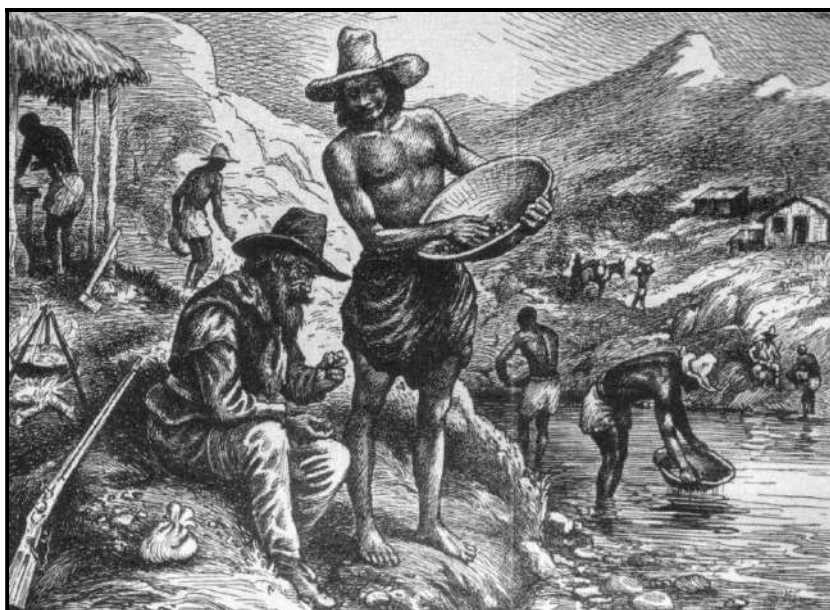
Atacou a fundo a terra, escarificando-a nas explorações a céu aberto; esterilizou-a com os lastros das grupiaras; feriu-a a pontações de alvião; degradou-a corroendo-a com as águas selvagens das torrentes; e deixou, aqui, ali, em toda parte, para sempre estéreis, avermelhando nos ermos com o intenso colorido das argilas revolvidas, onde não medra a planta mais exígua, as grandes catas, vazias e tristonhas, com a sua feição sugestiva de imensas cidades mortas, derruídas...

Ora, estas selvatiquezas atravessaram toda a nossa história. Ainda em meados deste século, no atestar de velhos habitantes das povoações ribeirinhas do S. Francisco, os exploradores que em 1830 avançaram, a partir da margem esquerda daquele rio, carregando em vasilhas de couro indispensáveis provisões de água, tinham, na frente, aluminiando-lhes a rota, abrindo-lhes a estrada e devastando a terra, o mesmo batedor sinistro, o incêndio. Durante meses seguidos viu-se no poente, entrando pelas noites dentro, o reflexo rubro das queimadas.

Imaginem-se os resultados de semelhante processo aplicado, sem variantes, no decorrer de séculos...”

Euclides da Cunha, em Os Sertões

Com menor expressão territorial que a atividade agrícola, a **mineração** padecia das mesmas deformações técnicas e de responsabilidade. Especialmente a garimpagem de ouro e pedras preciosas e a exploração de minerais não metálicos para a construção civil (argila, areia, brita, calcário) têm submetido várias regiões do território brasileiro a métodos extrativos de enorme agressividade ao meio físico natural, acarretando a remoção e o revolvimento de grandes volumes de solo, a ação de drásticos processos erosivos, um intensíssimo assoreamento da hidrografia e a contaminação das águas superficiais. Apenas muito recentemente, em resposta às pressões sociais e às legislações ambientais adotadas, vêm se verificando, tanto na atividade agrícola, como na atividade de mineração, cuidados maiores com as técnicas utilizadas e com as decorrências ambientais desses empreendimentos.



Já nos tempos coloniais a mineração de ouro e diamantes constituiu um dos principais fatores de desbravamento territorial e de alteração ambiental. (Gravura Seth)



Da pedra lascada e dos pequenos enxós de chifre a equipamentos fantásticos que multiplicam a capacidade do Homem de alterar a Natureza. A superfície do planeta tem hoje uma feição geológica tecnogênica.

As **cidades**, ainda que fisicamente ocupem somente 0,5% do território nacional, constituem as mais drásticas intervenções do Homem na Natureza. Todos os fatores naturais geológicos e biológicos são radicalmente alterados e implanta-se na área urbanizada um novo ambiente: o ambiente urbano. Alterações de relevo, uma completa revolução no balanço hídrico da região, redução da infiltração e aumento do volume e da velocidade com que as águas pluviais atingem as drenagens, mudanças substanciais no clima local, nas condições atmosféricas (umidade e qualidade do ar), na qualidade das águas superficiais e subsuperficiais, sobrecarga nas camadas superficiais de solo e rocha, produção de depósitos tecnogênicos (aterros civis, aterros sanitários, lixões), contaminação de solos... Tão impactantes quanto seus efeitos diretos são as modificações indiretas promovidas pelas cidades nas zonas urbanas periféricas para o atendimento da população em alimentos, materiais naturais para a construção (argila, areia e brita) e água para abastecimento.

A urbanização brasileira iniciou-se incipientemente na faixa litorânea, não tendo expressão maior nos primeiros séculos de colonização. As cidades coloniais desempenhavam apenas o papel de sede para algumas funções políticas e burocráticas e, especialmente, pontos logísticos de ações rumo ao interior.

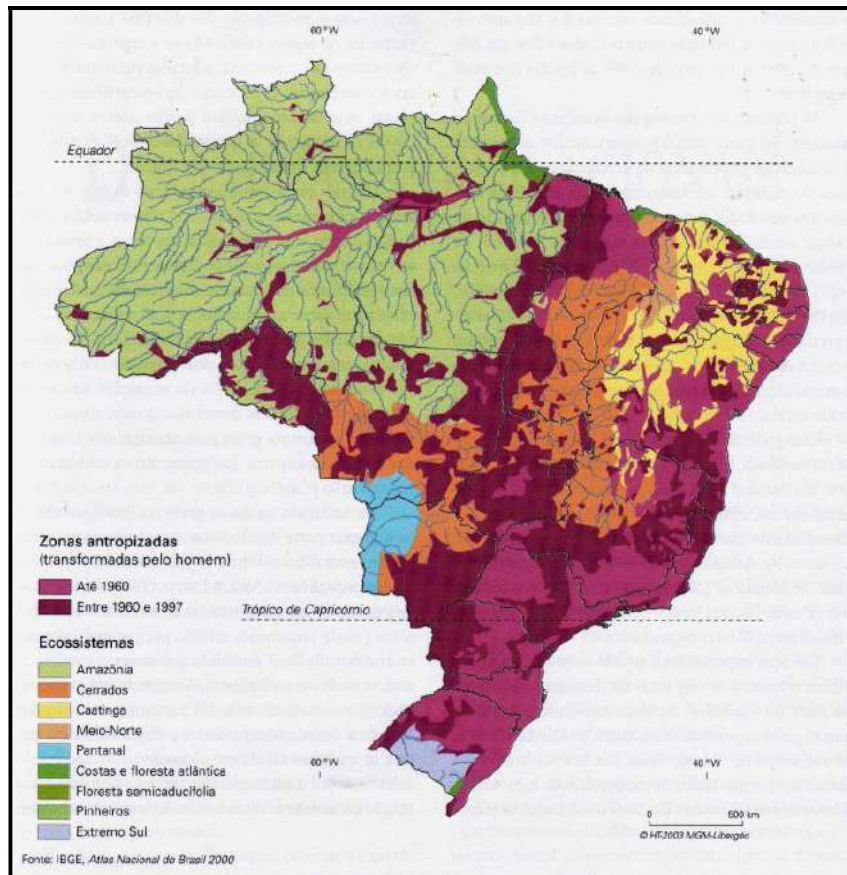
Pode-se dizer que, até meados do século XIX, o país é essencialmente rural do ponto de vista econômico, social e cultural. Com uma violenta inversão de tendências — a partir da década de 50, e, mais acentuadamente, a partir da década de 70 do século passado —, hoje, fruto de uma real revolução urbana, as cidades brasileiras abrigam 80% da população.

A exploração de fontes de **materiais energéticos naturais**, especialmente a lenha e o carvão de lenha, é responsável, juntamente com a atividade agrícola, pelo enorme desmatamento que vem acabando com as florestas naturais de todos os tipos no país. Para se ter uma idéia da devastação promovida pela produção de lenha e carvão vegetal, até a década de 70 do século XX, esses insumos energéticos compunham 35% do total de energia consumida no país nos setores doméstico e industrial. Hoje esse percentual está em torno de 12%, porém relativo a um consumo total substancialmente maior.

Com pouco carvão mineral, a industrialização e a urbanização brasileira dependeram fundamentalmente do petróleo e da energia hidrelétrica. A exploração de petróleo tem, em termos relativos, baixos impactos ambientais diretos. Já a produção de energia elétrica através de barramentos hídricos — alternativa obviamente sugerida por nossa fisiografia rica em águas de superfície — traz substanciais alterações ambientais por força das grandes alterações hidrológicas, biológicas e geográficas introduzidas nas bacias hidrográficas exploradas.

Como exemplo, o Estado de São Paulo, em seus principais rios que integram a bacia hidrográfica do Paraná, conta com mais de 20 hidrelétricas de grande porte, o que implica que os rios Grande, Tietê, Paranapanema e Paraná sejam hoje praticamente constituídos por uma seqüência de lagos/reservatórios decorrentes dos barramentos hidrelétricos, que produzem mais de 18.000 MW de energia. É de se imaginar as alterações hidrológicas decorrentes, as drásticas mudanças na vida subaquática, o alagamento de grandes extensões de terras baixas, as oscilações no nível da água subterrânea, decorrentes desse tipo de intervenção no meio natural. Somente o reservatório da Hidrelétrica de Porto Primavera, no Rio Paraná, ocupa uma área de 2.250 km².

No Brasil temos hoje mais de 100 hidrelétricas de médio e grande portes, havendo ainda vários empreendimentos programados, especialmente para rios da Bacia Amazônica.



O avanço da ocupação/transformação antrópica do território brasileiro. (Fonte IBGE, Atlas Nacional do Brasil)

AVANÇO DA OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

| ÉPOCA | CARACTERÍSTICAS MARCANTES |
|------------|---|
| SÉC. XIV | Extrativismo de Pau Brasil e madeiras nobres na faixa da Mata Atlântica, que se estende da Bahia até o Rio de Janeiro. |
| SÉC. XVII | Plantio de cana-de-açúcar na região litorânea do Sudeste e principalmente do Nordeste. Início da penetração no território interior com alguma pecuária bovina no Sul (RGS) e ao longo do trecho nordeste do Rio São Francisco e do Rio Parnaíba, no Maranhão. Uso intensivo da escravidão indígena e início da escravidão africana. Primeiros garimpos de ouro e pedras preciosas de aluvião em Minas Gerais e na Bahia. Extração de madeira para construção e móveis. Desmatamento para pequenos roçados e para cata de lenha para fins energéticos. |
| SÉC. XVIII | Expansão da cana-de-açúcar na Zona da Mata nordestina, no litoral e interior do Sudeste (especialmente Estado de São Paulo). Mineração toma corpo em Minas e na Bahia e avança para Goiás. Pecuária cresce no Sul (colonos açorianos), expande-se para Mato Grosso e Goiás e avança ao longo de praticamente todo o Vale do Rio São Francisco. Aumenta o extrativismo de madeira para construção e móveis, assim como a retirada de madeira para lenha e desmatamento para roçados. |
| SÉC. XIX | Com o crescimento do mercado interno, a mão-de-obra assalariada e as formas capitalistas de produção começam a se mostrar vantajosas em muitas atividades, o que atrai a migração estrangeira e leva à ocupação de várias áreas ainda virgens do Sul-Sudeste. O café se impõe como nova riqueza agrícola e migra do Rio de Janeiro para o Vale do Paraíba (SP) e daí para o nordeste do estado. Atividades econômicas se diversificam e a vida urbana se intensifica. Inicia-se a produção de borracha na Amazônia e desenvolvem-se os centros emergentes do Norte: Manaus e Belém. Intensifica-se, especialmente na Mata Atlântica, a extração de madeira para construção e móveis, lenha e carvão vegetal, fumo e chá no Sul, incremento da pecuária no Sul, Centro-Oeste e Nordeste, algodão na caatinga nordestina, cacau no sul baiano. Ferrovias começam a comandar a interiorização da ocupação econômica do Sudeste. |
| SÉC. XX | Urbanização, diversificação produtiva, efetiva interiorização com grande expansão da fronteira agrícola, fortalecimento do mercado interno e industrialização são características fortes do século XX. Intensificação da imigração japonesa e europeia. É praticamente completada a ocupação territorial do Sul e Sudeste, com café no norte do Paraná e Minas Gerais, cana, algodão, citros e soja. Pecuária intensiva no Sul, Centro-Oeste/vetor Norte, Nordeste. Soja e grãos de exportação abrangendo Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Uso extensivo do cerrado para agricultura de exportação, aproveitando terras planas mecanizáveis. Brasília e nova malha rodoviária são medidas estratégicas para maior ocupação e integração econômica do Centro-Oeste e Norte. Política de substituição de importações induz a industrialização e produção energética. A partir da década de 60, instalação de mais de uma centena de médias e grandes hidrelétricas e expansão da malha rodoviária. Crescimento da produção de petróleo, instalação de refinarias e parque petroquímico. Uso do álcool combustível — aumento da área produtora de cana. Surgem as grandes florestas plantadas de pinus e eucalipto. Enorme crescimento da população e das cidades. |
| SÉC. XXI | Crescimento das cidades e expansão de obras e serviços regionais para o atendimento em minerais de construção, água para abastecimento e energia. Avanço da ocupação agrícola e pecuária no vetor Centro Oeste > Norte. Aproveitamentos hidrelétricos em rios da Bacia Amazônica. Reordenamento territorial agrícola provocado por produtos de exportação e biodiesel. É lícito supor que, por pressões ambientais, econômicas, políticas e culturais, o século XXI assista a uma virtuosa reversão dos erros até então largamente cometidos no processo de ocupação do território nacional e a um maior cuidado tecnológico nas relações dos empreendimentos humanos com o meio físico geológico. |

3 - NA BUSCA DA HARMONIA ENTRE A HUMANIDADE E SEU PLANETA – A ENORME RESPONSABILIDADE DAS GEOCIÊNCIAS

3.01 - A GEOLOGIA, O GEÓLOGO E A SOCIEDADE

(palestra proferida pelo autor na cerimônia em que SIGESP, ABGE, SBG, IGcUSP e outras entidades geológicas bondosamente ofereceram-lhe homenagem. Realizada no Salão Nobre do Instituto de Geociências da USP em 30.05.2023 – Dia do Geólogo)

A Geologia é a geociência que estuda a origem da Terra (e, portanto, do Universo), o processo histórico-geológico de sua evolução, sua composição, seus elementos formadores e faz a predição do futuro curso de desenvolvimento dos processos hoje atuantes no planeta. (Marina Potapova – geóloga russa)

Em suas variantes aplicadas de maior expressão, a Geologia Econômica e a Geologia de Engenharia, a Geologia trabalha na perspectiva de identificação e exploração de insumos minerais necessários ao Homem e na busca da harmonização das relações entre as atividades humanas e o meio físico geológico.

No exercício de sua maravilhosa profissão o geólogo é levado a “trafegar” por quatro dimensões que se interagem e se realimentam permanentemente:

- 1) **UNIVERSAL - PLANETÁRIA**
- 2) **HUMANA – CIVILIZATÓRIA**
- 3) **CIENTÍFICA – PROFISSIONAL**
- 4) **POLÍTICA - CIDADÃ**

1 - Na **dimensão Universal – Planetária** o geólogo é levado a perceber seu planeta na imensidão maravilhosa, infinita e sagrada do Universo. O impacto dessa percepção é de tal alcance que, a par dos caminhos próprios da Ciência, o geólogo é naturalmente levado a reflexões e indagações de ordem filosófica e existencial.

Quem melhor traduziu a dimensão dessas percepções foi, sem dúvida, o astrofísico americano Carl Sagan, (1934 —1996), lembrando aqui que não há como ser um astrofísico sem incorporar para si próprio os conhecimentos e o olhar da Geologia.

Afirmava Sagan, “o nitrogênio em nosso DNA, o cálcio em nossos dentes, o ferro em nosso sangue, o carbono em nossas tortas de maçã foi feito no interior das estrelas em colapso. Nós somos feitos da poeira de estrelas.”

Quando, em fevereiro de 1990, em sua viagem de retorno de uma jornada de estudo do Sistema Solar, a espaçonave Voyager 1 foi, a pedido de Carl Sagan, acionada pela NASA para tirar uma fotografia da Terra, de uma distância de seis bilhões de quilômetros. Na foto, a Terra surge na imensidão do Universo como um pequeno ponto azul, quase imperceptível, batizado por Sagan como Pálido Ponto Azul.



Sobre esse pálido ponto azul, divagou Carl Sagan:

“Olhem de novo para esse ponto. Isso é a nossa casa, isso somos nós. Nele, todos que você ama, todos que você conhece, todos de quem já ouvimos falar, todo ser humano que já existiu, viveram suas vidas. O agregado de nossas alegrias e sofrimentos, milhares de religiões, ideologias e doutrinas econômicas, cada caçador e saqueador, cada herói e cada covarde, cada criador e destruidor da civilização, cada rei e plebeu, cada jovem casal apaixonado, cada mãe e pai, cada criança esperançosa, inventores e exploradores, cada educador, cada político corrupto, cada superestrela, cada líder supremo, cada santo e cada pecador na história da nossa espécie viveu ali, em um grão de poeira suspenso num raio de sol.

A Terra é um cenário muito pequeno em uma imensa arena cósmica. Pense nos rios de sangue derramados por todos aqueles generais e imperadores para que, em sua glória e triunfo, eles pudessem se tornar os chefes momentâneos de uma fração desse ponto. Pense nas infindáveis crueldades infligidas pelos habitantes de um canto deste pixel aos quase indistinguíveis habitantes de algum outro canto. Quão frequentes as suas incompreensões, quão ávidos de se matarem e o quão fervorosamente eles se odeiam. Nossas atitudes, nossa imaginária auto-importância, a ilusão de que temos uma posição privilegiada no Universo, é desafiada por este pálido ponto de luz.

O nosso planeta é um espécime solitário na grande e envolvente escuridão cósmica. Na nossa obscuridade - em toda essa vastidão -, não há nenhum indício de que a ajuda possa vir de outro lugar para nos salvar de nós mesmos.

A Terra é o único mundo conhecido, até hoje, que abriga a vida. Não há mais algum - pelo menos no futuro próximo - para onde a nossa espécie possa emigrar. Visitar, pode. Assentar-se, ainda não. Gostando ou não, por enquanto, a Terra é onde temos de ficar. Tem-se falado da astronomia como uma experiência criadora de humildade e de construção de caráter. Não há, talvez, melhor demonstração das tolas e vãs soberbas humanas do que esta distante imagem do nosso miúdo mundo. Para mim, acentua a nossa responsabilidade para nos portar mais amavelmente uns para com os outros, e para protegermos e acarinharmos o pálido ponto azul, o único lar que nós conhecemos.”

Os telescópios orbitais Hubble e James Webb, as mais espetaculares conquistas da exploração espacial, estão nos levando, como nunca, a imergir, ao menos visual e imaginativamente, no teatro esplendoroso e arrebatador do Universo. Os geólogos, apaixonadamente agradecem.



Cumpre-nos aqui lembrar e reverenciar o naturalista, geólogo e médico escocês James Hutton (1726-1797), figura central e militante no chamado Iluminismo Escocês (*Sapere Aude* - atreva-se a conhecer).

Corajosamente rompendo com a visão escolástica-religiosa sobre a origem da Terra e do Homem, que inclusive chegava ao cúmulo de determinar a data exata dessa criação em alguns poucos milhares de anos atrás, Hutton, analisando feições e estratos geológicos introduziu pioneiramente a dimensão da infinitude do tempo geológico e a noção do permanente dinamismo dos fenômenos geológicos. Afirmou Hutton:

“Desde o topo da montanha à praia do mar... tudo está em estado de mudança. Por meio da erosão a superfície da Terra deteriora-se localmente, mas por processos de formação das rochas ela se reconstrói em outra parte. A Terra possui um estado de crescimento e aumento; ela tem um outro estado, que é o de diminuição e degeneração. Este mundo é, assim, destruído em uma parte, mas renovado em outra”.

E conclui Hutton:

“Chegamos agora ao fim do nosso raciocínio (...) com a satisfação de descobrir que na natureza há sabedoria, sistema e consistência. Por ter, na história natural deste planeta, visto uma sucessão de mundos, posso daí concluir que existe um sistema na natureza; da mesma forma como ao ver as revoluções dos planetas conclui-se que existe um sistema pelo qual eles se destinam a continuar essas revoluções. Mas se a sucessão de mundos está estabelecida no sistema da natureza, é em vão procurar para qualquer coisa mais elevada para a origem da Terra. O resultado, portanto, de nossa presente investigação, é que não encontramos nenhum vestígio de um começo, e tampouco a perspectiva de um fim.”

Palavras pronunciadas por John Playfair, outro eminente geólogo escocês, sobre sua sensação quando Hutton lhe mostrava a famosa discordância de Siccar Point, Escócia, em 1788: “A mente parecia ficar tonta olhando tão longe no abismo do tempo...”.

“Tudo o que vemos na natureza geológica são estágios, paisagens que não foram assim antes e não serão assim no futuro. Sob a ação da energia telúrica e da energia solar, e tendo a própria Vida como um de seus agentes geológicos modificadores, a natureza é assim mutante, mantendo permanente o sentido maior de suas mutações: a busca de novas posições de equilíbrio.

É nessa equação dinâmica que o Homem, com seus variados empreendimentos, interfere. Há pois que tê-la em conta. Por sagrado respeito e por um ato de inteligência.” (Álvaro)

2 - Na **dimensão Humano – Civilizatória** os geólogos se vêem entre os responsáveis por zelar pela manutenção em seu planeta das condições naturais essenciais ao provimento da Vida, não só da espécie humana como de todos os seres vivos que se desenvolveram nos diferenciados e mutantes ambientes terrestres.

O cumprimento dessa responsabilidade transcende as questões geológicas propriamente ditas ao se ver frente à visão utilitarista e predatória da Natureza, muito própria das atitudes humanas derivadas da ambição, do egoísmo, da deificação das riquezas materiais e do gozo de algum tipo de poder. Ganha assim, essa responsabilidade, os predicados de uma missão civilizatória, no âmbito da qual se insere o indispensável aperfeiçoamento dos atributos existenciais do ser humano.

Do ponto de vista científico o desafio é claro. Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, comunicação...) o Homem é inexoravelmente levado a utilizar-se de uma série de recursos naturais (água, petróleo, minérios, energia hidráulica, solos...) e a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, indústria, minerações, usinas elétricas, vias de transportes, portos, canais, disposição de rejeitos ou resíduos...), o que implica necessariamente em interferir na natureza geológica e em seus processos dinâmicos, condição que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do Planeta. Para que esse “comando” da natureza seja coroado de êxito, suas intervenções devem incorporar (obedecer) as leis que regem as características geológicas dos materiais e dos processos geológicos naturais afetados.

“Nature to be commanded must be obeyed” já nos alertava Francis Bacon em 1620.

Para obedecê-las (as Leis da Natureza), entendê-las, ou seja, estudar e compreender o meio geológico que deverá sofrer determinada intervenção e como esse meio reagirá

frente às novas solicitações que lhe serão impostas; de tal forma a traduzir esses conhecimentos nas atitudes comportamentais e nas soluções de engenharia a serem adotadas. Será assim o trabalho do geólogo a condição elementar para que as atividades humanas dessa ordem sejam inteligentes, exitosas e provedoras da qualidade de vida no planeta, para essa e para as futuras gerações.

“Nas Ciências Naturais, e na Geologia em especial, o primeiro e essencial passo está em descobrirmos e assimilarmos as leis básicas da Natureza. Isso feito, as cortinas se abrem e a compreensão dos fenômenos naturais ou induzidos pelo Homem surge clara à nossa frente.” (Álvaro)

“A natureza sempre nos avisa, nunca nos pega desprevenidos. Claro, se para tanto temos bons olhos, ouvidos e demais sentidos educados e atentos ao bom diálogo geológico com a Terra. É preciso conversar com a Terra...”. (Álvaro)

“Conversem mais com a Terra, entendam suas leis e seus segredos, e então, juntos, Homem e Terra, cheguem, acumpliciadamente, à melhor solução”. (Álvaro)

Hans Closs-(1885- 1951), eminente geólogo alemão, entendendo o trabalho dos geólogos no patamar de uma responsabilidade civilizatória, assim se expressou: *"Só uns poucos tomam, por todos os demais, o encargo nobre e pleno da responsabilidade de custodiar a escritura sagrada da Terra, de lê-la e interpretá-la, pois o enlace consciente do homem com sua estrela está confiado a uma ciência em especial, a GEOLOGIA"*.

Que todos os geólogos tenham a percepção da transcendência, da beleza e do alcance civilizatório de sua atividade profissional e das responsabilidades que, por decorrência de sua ciência mãe, a Geologia, lhes cabe abraçar e desempenhar.

3 – Na dimensão Científica – Profissional os geólogos se vêem frente à sua própria consciência no exercício de suas funções profissionais.

Cinco décadas de exercício profissional da geologia foram-me pródigas e eloqüentes na demonstração da íntima e indissociável relação, em nosso campo de atuação e nos mais diversos campos com os quais interagimos, entre as qualidades próprias do exercício profissional e os atributos humanos de seu executor.

De um lado da moeda, a questão técnica propriamente dita, a competência técnica, um permanente esforço em atualizações e aprofundamentos do conhecimento; de outro, o ser humano envolvido na questão, seus valores, sua atitude perante a Vida e perante as pessoas com que se relaciona.

A verdade é que em qualquer atividade social em que nos envolvamos, seja ela na área profissional ou na vivência familiar e social, somos fundamentalmente o resultado de nossos valores humanos; o que vale concluir que ninguém nunca será melhor como profissional do que é como ser humano.

Compreender essa indissociabilidade entre o fazer e o ser, e cultivar nossa base de valores íntimos, será sempre essencial para a realização virtuosa de nossas funções profissionais. Enfim, afortunado o ser humano que em seus serenos momentos solitários percebe-se feliz consigo próprio e orgulhoso de seus valores humanos. Esse sentimento pleno de realização constituirá sempre, e inexoravelmente, a base indispensável para a construção de uma exitosa carreira profissional.

4 – Na **dimensão Política – Cidadã** os geólogos são postos à frente de seu país e de sua população. Diga-se de início que essa dimensão não se refere a qualquer nuance de política partidária ou posicionamentos partidários e ideológicos, tratando-se sim de atitudes perante políticas públicas que melhor atendam as necessidades básicas do país e de sua população.

O fato é que o Brasil, com seu extenso território, é brindado pela Natureza geológica com grandes riquezas minerais, do petróleo ao nióbio, do ferro às águas subterrâneas. É natural assim que grandes interesses econômicos internacionais e nacionais apliquem suas estratégias para alcançar a posse e direitos sobre esses bens. Por obséquio dessa circunstância, muito da história política de nosso país, em seus mais tristes e graves momentos, tem, desde os tempos coloniais aos tensos tempos atuais, as digitais e o DNA dessa enorme cobiça internacional sobre nossas riquezas minerais.

De outro lado, a ocupação do território brasileiro, seja na área rural, seja no espaço urbano, tem refletido as enormes desigualdades sociais que marcam a sociedade brasileira. Especialmente no caso urbano o valor do metro quadrado do terreno tem sido o destacado fator de expulsão da população pobre para as áreas periféricas desassistidas e para áreas de potencial risco geológico, condição elementar da sucessão de tristes tragédias que tem consumido a esperança e a vida de milhares de brasileiros.

“A cidade, sem saber ser hipócrita, reproduz fielmente em seu desenho urbano as perversidades sociais da sociedade que a constrói e habita.” (Álvaro)

Impossível para os geólogos ficarem alheios às circunstâncias a que estão sujeitos seus dois grandes campos de atenção profissional, as riquezas minerais e a ocupação do território brasileiro. É assim natural que, enquanto categoria profissional e cidadãos, e a sociedade espera e confia que isso aconteça, os geólogos defendam a adoção de políticas públicas que resguardecem os interesses econômicos do país e se apliquem no atendimento justo das necessidades humanas básicas da população mais pobre.

Diga-se de passagem que pelas batalhas que já travaram na defesa dos interesses nacionais a sociedade brasileira nutre pelos geólogos um sentimento extremamente positivo de admiração e confiança.

Concluindo, eu gostaria de registrar um lembrete aos geólogos que estão se formando e prestes a assumir seu primeiro emprego. Nunca definam sua escolha profissional por aquela especialidade que no momento esteja oferecendo maiores ofertas de emprego e maiores salários. Não cometa esse triste erro, defina sua especialidade por aquilo que lhe encanta, mesmo que isso implique em uma vida material e financeiramente menos ambiciosa. Como disse Niemeyer, “a vida é um sopro”, e é uma só. Não a desperdice.

Gostaria de finalizar citando um singelo poema de Mário Quintana, e que, ao seu jeito, expressa a essência da mensagem que, com humildade, pretendi hoje passar aos amigos geólogos.

*“O Homem não é o que tem ou pode,
é um pouco do que sabe,
Muito do que sonha, mas, acima de tudo é
o que faz aos outros.”*

Mário Quintana

3.02 - GEOLOGIA - ATITUDE E RESPONSABILIDADES

Nas Ciências Naturais, e na Geologia em especial, o primeiro e essencial passo está em descobrirmos e assimilarmos as leis básicas da Natureza. Isso feito, as cortinas se abrem e a compreensão dos fenômenos naturais ou induzidos pelo Homem surge clara à nossa frente. Álvaro Rodrigues dos Santos

Só uns poucos tomam, por todos os demais, o encargo nobre e pleno de responsabilidade de custodiar a escritura sagrada da Terra, de lê-la e interpretá-la, pois o enlace consciente do homem com sua estrela está confiado a uma ciência em especial, a Geologia.
Hans Closs (1885-1951)

Obviamente a Geologia não é a única ciência necessária à devida compreensão dos fenômenos naturais terrestres e das relações entre as atividades humanas e esses fenômenos. Essa é uma tarefa que só terá êxito se enfrentada multidisciplinarmente. Mas, sem dúvida, cabe à Geologia uma enorme responsabilidade nessa civilizatória missão. Este livro navega nas águas dessa responsabilidade.

Simplificadamente, podemos dividir em três grandes planos a atividade profissional do Geólogo, todos eles, como se verá, com estreita relação com o cotidiano e a qualidade da vida humana no planeta:

Fenômenos Geológicos Naturais: no âmbito dos quais o Geólogo investiga fenômenos associados à dinâmica geológica do planeta, como terremotos, maremotos, vulcanismos, variações térmicas planetárias e suas conseqüências, processos regionais de desertificação, deslizamentos e avalanches naturais em regiões serranas, etc., definindo cuidados e providências que devam ser tomados pelo Homem para evitar ou reduzir ao máximo os danos que esses fenômenos possam causar.

Exploração de Recursos Minerais: plano em que o Geólogo estuda a formação de jazidas minerais de interesse do Homem (ferro, manganês, cobre, carvão mineral, petróleo, água subterrânea, urânio, alumínio, areia e brita para construção, argila para cerâmica, etc.), localiza-as na Natureza, avalia-as técnica e economicamente e planeja, juntamente com o Engenheiro de Minas, sua exploração e a posterior recuperação ambiental da área afetada.

Geologia de Engenharia: plano dentro do qual o Geólogo estuda as interferências do Homem sobre o meio físico geológico, investigando os terrenos e processos geológicos que serão afetados por empreendimentos humanos (barragens, cidades, agricultura, estradas, etc.), avaliando como essas características geológicas responderão às solicitações impostas pelos empreendimentos e, por fim, indicando as melhores formas de implantá-los com êxito no que diz respeito aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Enfim, mesmo com a abdicação do consumismo tresloucado e do crescimento populacional descontrolado, a epopéia civilizatória de chegarmos a uma sociedade em que todos os seres humanos tenham uma vida materialmente digna e espiritualmente plena, exigirá, sem dúvida, a multiplicação de empreendimentos humanos no planeta: exploração mineral, energia, transportes, indústrias, cidades, agricultura, disposição de resíduos, etc. A Geologia é uma das ciências sobre as quais recai a enorme

responsabilidade de tornar essa maravilhosa utopia técnica e ambientalmente possível, sem que a própria possibilidade da vida humana no planeta seja comprometida.

Conclui-se, assim, que, para assegurar que a Humanidade tenha um futuro promissor e pleno de felicidade em seu planeta, faz-se cada vez mais imprescindível conversar com a Terra. Para esse diálogo, os homens dispõem de um intérprete inspirado: o Geólogo.

De outra parte, a Geologia é uma geociência maravilhosa. E seu caráter maravilhoso liga-se à sua intrínseca relação com o movimento (movimento = tempo + espaço). O sentido maior da Geologia é apreender o movimento, os processos que definiram, definem e definirão o planeta e seus fenômenos. O fator tempo pode ser também importante em outras profissões, mas na Geologia é a variável permanente e onipresente em todas as suas equações.

Dentro desse espírito, é justo render um tributo ao geólogo escocês James Hutton, que, no final do século XVIII, pela primeira vez rompeu documentada e corajosamente com os estreitos tabus e dogmas religiosos da época, para os quais o mundo atual era exatamente aquele criado por Deus, cunhando (o geólogo inglês Charles Lyell logo em seguida deu primorosa e enérgica seqüência à sua teoria) as bases da teoria do Uniformitarismo (“*o Presente é a chave do Passado*”), a qual, por sinal, Darwin, dando todos os créditos a Lyell e Hutton, aplicou ao mundo Biológico. Dizia Hutton: “*Desde o topo da montanha à praia do mar... tudo está em estado de mudança. Por meio da erosão a superfície da Terra deteriora-se localmente, mas por processos de formação das rochas ela se reconstrói em outra parte. A Terra possui um estado de crescimento e aumento; ela tem um outro estado, que é o de diminuição e degeneração. Este mundo é, assim, destruído em uma parte, mas renovado em outra*”.

3.03 - OS GEÓLOGOS E A DIMENSÃO CIVILIZATÓRIA DE SUAS ATIVIDADES PROFISSIONAIS

Em sua magnífica obra, *Novum Organum* (O Novo Método), Francis Bacon (1561 – 1626), notável e influente filósofo e cientista inglês, sentenciou: “*Nature to be commanded must be obeyed*”, “A Natureza para ser comandada precisa ser obedecida”. Detendo-nos na frase de Francis Bacon, expressão que revela a maravilhosa capacidade de percepção e síntese própria dos sábios, podemos entendê-la como a essência científica e metodológica do trabalho dos geólogos.

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, comunicação...) o Homem é inexoravelmente levado a utilizar-se de uma série de recursos naturais (água, petróleo, minérios, energia hidráulica, solos...) e a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, indústria, minerações, usinas elétricas, vias de transportes, portos, canais, disposição de rejeitos ou resíduos...), o que implica necessariamente em interferir na natureza geológica e em seus processos dinâmicos, condição que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do Planeta. Para que esse “comando” da natureza seja coroado de êxito, suas intervenções devem incorporar (obedecer) as leis que regem as características geológicas dos materiais e dos processos geológicos naturais afetados.

Para obedecê-las (as Leis da Natureza), entendê-las, ou seja, estudar e compreender o meio geológico que deverá sofrer determinada intervenção e como esse meio reagirá frente às novas solicitações que lhe serão impostas; de tal forma a traduzir esses conhecimentos nas atitudes comportamentais e nas soluções de engenharia a serem

adotadas. Será assim o trabalho do geólogo a condição elementar para que as atividades humanas dessa ordem sejam inteligentes, exitosas e provedoras da qualidade de vida no planeta, para essa e para as futuras gerações.

Hans Closs-(1885- 1951), eminente geólogo alemão, em consonância com a postulação de Francis Bacon, elevou o trabalho dos geólogos ao patamar de uma responsabilidade civilizatória: *"Só uns poucos tomam, por todos os demais, o encargo nobre e pleno da responsabilidade de custodiar a escritura sagrada da Terra, de lê-la e interpretá-la, pois o enlace consciente do homem com sua estrela está confiado a uma ciência em especial, a GEOLOGIA"*.

Que todos os geólogos tenham a percepção da transcendência, da beleza e do alcance civilizatório de sua atividade profissional e das responsabilidades que, por decorrência de sua ciência mãe, a Geologia, lhes cabe abraçar e desempenhar.

3.04 - O GEÓLOGO: INTÉRPRETE DAS RELAÇÕES ENTRE O HOMEM E A TERRA

Obviamente a Geologia não é a única ciência necessária à devida compreensão dos fenômenos naturais e das relações entre as atividades humanas e esses fenômenos. Essa é uma tarefa que só terá êxito se enfrentada multidisciplinarmente. Mas sem dúvida cabe à Geologia uma enorme responsabilidade nessa civilizatória missão. Esse livro navega nas águas dessa responsabilidade.

Simplificadamente, podemos dividir em três grandes planos a atividade profissional do Geólogo, todos eles, como se verá, com estreita relação com o cotidiano e com a qualidade da vida humana no planeta:

Fenômenos Geológicos Naturais, no âmbito do qual o Geólogo investiga fenômenos associados à dinâmica geológica do planeta, como terremotos, maremotos, vulcanismos, variações térmicas planetárias e suas conseqüências, processos regionais de desertificação, escorregamentos e avalanches naturais em regiões serranas, etc., definindo cuidados e providências que devam ser tomados pelo Homem para evitar ou reduzir ao máximo os danos que esses fenômenos possam causar;

Exploração de Recursos Minerais, plano em que o Geólogo estuda a formação de jazidas minerais de interesse do Homem (ferro, manganês, cobre, carvão mineral, petróleo, água subterrânea, urânio, alumínio, areia e brita para construção, argila para cerâmica, etc., etc.), localiza-as na Natureza, avalia-as técnica e economicamente e planeja, juntamente com o Engenheiro de Minas, sua exploração e a posterior recuperação ambiental da área afetada; **Geologia de Engenharia**, dentro do qual o Geólogo estuda as interferências do Homem sobre o meio físico geológico. Dentro desse plano é importante entender que, para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação...), o Homem é inexoravelmente levado a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (cidades, agricultura, indústria, usinas elétricas, estradas, portos, canais, extração de minérios, disposição de rejeitos ou resíduos industriais e urbanos...), o que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do planeta. Pois bem, caso esses empreendimentos não levem em conta, desde seu projeto até sua implantação e operação, as características dos materiais e dos processos geológicos naturais com que vão interferir e interagir, é quase certo que a Natureza responda através de acidentes locais (o rompimento de uma barragem, o colapso de uma ponte, a ruptura de um talude, por exemplo), ou graves problemas regionais (o assoreamento de um rio, de um reservatório, de um porto, as enchentes e escorregamentos urbanos, a contaminação de solos e de águas superficiais e

subterrâneas, por exemplo), conseqüências todas extremamente onerosas social e financeiramente, e muitas vezes trágicas no que diz respeito à perda de vidas humanas. Enfim, mesmo com a abdicação do consumismo desregrado e do crescimento populacional descontrolado, a epopéia civilizatória de chegarmos a uma sociedade onde todos os seres humanos tenham uma vida materialmente digna e espiritualmente plena, exigirá, sem dúvida, a multiplicação de empreendimentos humanos no planeta: exploração mineral, energia, transportes, indústrias, cidades, agricultura, disposição de resíduos... A Geologia é uma das ciências sobre as quais recai a enorme responsabilidade de tornar essa maravilhosa utopia técnica e ambientalmente possível, sem que a própria possibilidade da vida humana no planeta seja comprometida.

Conclui-se, assim, que para se assegurar que a Humanidade tenha um futuro promissor e pleno de felicidade em seu planeta faz-se cada vez mais imprescindível conversar com a Terra. Para esse diálogo, os homens têm seu inspirado intérprete: o Geólogo.

De outra parte, a Geologia é uma geociência maravilhosa. E seu caráter maravilhoso liga-se à sua intrínseca relação com o movimento (Movimento = Tempo + Espaço). O sentido maior da Geologia é apreender o movimento, os processos que definiram, definem e definirão o Planeta e seus fenômenos. O fator Tempo pode ser também importante em outras profissões, mas na Geologia é a variável permanente e onipresente em todas suas equações.

Dentro desse espírito, é justo render um tributo ao Geólogo escocês James Hutton, que ao final do séc. XVIII, pela primeira vez rompeu documentadamente e corajosamente com os estreitos tabus e dogmas religiosos da época, para os quais o mundo atual era exatamente aquele criado por Deus, cunhando (o Geólogo inglês Charles Lyell logo em seguida deu primorosa e enérgica seqüência à sua teoria) as bases da teoria do Uniformitarismo ("o Presente é a chave do Passado"), a qual, por sinal, Darwin, dando todos os créditos a Lyell e Hutton, aplicou ao mundo Biológico. Dizia Hutton: *"Desde o topo da montanha à praia do mar...tudo está em estado de mudança. Por meio da erosão a superfície da Terra deteriora-se localmente, mas por processos de formação das rochas ela se reconstrói em outra parte. A Terra possui um estado de crescimento e aumento; ela tem um outro estado, que é o de diminuição e degeneração. Este mundo é, assim, destruído em uma parte, mas renovado em outra".*

3.05 - GEOLOGIA DE ENGENHARIA: A GEOCIÊNCIA APLICADA QUE VÊ O HOMEM COMO AGENTE GEOLÓGICO

A pessoa que gosta de agir sem teoria é qual marinheiro que sobe a bordo de um navio sem leme e bússola e nunca saberá onde aportar.

Leonardo da Vinci

Felix qui potuit rerum cognoscere causas. (Feliz o que pode conhecer as causas das coisas.) Elogio de Virgílio àqueles que pesquisam os fenômenos da Natureza.

Mesmo sendo uma das geociências aplicadas de maior e crescente importância para o sucesso dos empreendimentos humanos no planeta, e para o sucesso da própria Humanidade como espécie, a Geologia de Engenharia ainda é pouco conhecida do grande público e até de setores técnicos próximos, especialmente no que se refere à sua conceituação, sua vinculação científica principal e seu raio de ação.

Entre os campos de aplicação da Geologia destacam-se a Geologia Econômica, que tem por missão a busca e a lavra de todos os recursos minerais de interesse do Homem (aí inclusos todos os tipos de minérios, o petróleo, o gás natural, a água subterrânea), e a Geologia de Engenharia, cuja missão maior é compatibilizar tecnicamente toda intervenção do Homem no planeta com as características geológicas naturais (o ambiente geológico) de cada região ou local afetado.

De uma forma concisa, podemos entender a Geologia de Engenharia como a *Geociência Aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico*.

A IAEG (*International Association for Engineering Geology and the Environment*), refletindo o crescimento exponencial dos problemas ambientais em todo o mundo, atualizou sua conceituação epistemológica oficial para Geologia de Engenharia, a qual consta de seus estatutos e já dos estatutos da ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental):

Geologia de Engenharia é a ciência dedicada à investigação, estudo e solução dos problemas de engenharia e meio ambiente decorrentes da interação entre as obras e atividades do Homem e o meio físico geológico, assim como ao prognóstico e ao desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de riscos geológicos.

A Geologia de Engenharia, por outro lado, integra, com a Mecânica dos Solos e com a Mecânica das Rochas, alimentando-se reciprocamente, o grande campo da Geotecnia, o qual reúne todo o ferramental científico e tecnológico para o mais correto equacionamento, dimensionamento e execução de obras de engenharia no que diz respeito às suas relações com os terrenos e materiais naturais com os quais interferem.

Em que pese o uso de informações geológicas para o benefício do Homem ser já muito antigo, desde mesmo o tempo das cavernas como abrigo e moradia, a Geologia de Engenharia, como uma geociência aplicada sistematizada e individualizada, é relativamente recente. No Brasil, sua introdução e desenvolvimento deram-se especialmente a partir do final da década de 50, como consequência do surto de construção de grandes obras de infra-estrutura no país. A partir de meados dos anos 70, a Geologia de Engenharia brasileira, já considerada em todo o mundo por sua alta qualidade, amplia consideravelmente seu campo de ação objetivando o diagnóstico e a solução dos graves problemas de ordem ambiental que atingem o país. Com isso assumindo suas fundamentais e insubstituíveis responsabilidades no suporte técnico-científico ao preceito conceitual do desenvolvimento sustentado, qual seja, o desenvolvimento provedor de qualidade de vida no planeta para esta e para as gerações futuras.



Na imagem, conflito aberto entre atividades minerárias (extração de areia), agrícolas e a expansão urbana em Mogi das Cruzes (SP). Por meio de ações diretas, como construção de cidades, atividades agrárias, industriais, minerárias e energéticas, obras viárias, etc., e ações indiretas, como, por exemplo, o incremento do efeito estufa e sua provável participação em mudanças climáticas globais, o Homem vem alterando profundamente a superfície do planeta. O significado geológico da ação do Homem sobre o planeta tem se mostrado tão intenso que faz sentido a argumentação de alguns notáveis geólogos segundo a qual esse fenômeno deva ser registrado na escala geológica do tempo. Uma das propostas nesse sentido postula que o Holoceno (época do Quaternário iniciada 10.000 anos atrás) seja considerado a transição para o Tecnógeno, período cuja característica diferenciadora seria a presença cada vez maior da ação humana (processos tecnogênicos) sobre o ambiente geológico da crosta terrestre. A Geologia de Engenharia é a geociência aplicada responsável pela interface tecnológica entre o Homem e o planeta, e sua ação será determinante para que estas interferências humanas sejam tecnicamente exitosas, provedoras de qualidade de vida, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis. (Foto Arquivo Geocamp)

Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, saúde, comunicação), o Homem é inexoravelmente levado a ocupar e modificar espaços naturais das mais diversas formas (com cidades, indústrias, usinas elétricas, estradas, portos, canais, agropecuária, extração de minérios e madeira, disposição de rejeitos ou resíduos industriais e urbanos), fato que já o transformou no mais poderoso agente geológico hoje atuante na superfície do planeta. Caso esses empreendimentos não levem em conta, desde seu projeto até sua implantação e

operação, as características dos materiais e dos processos geológicos naturais com que vão interferir e interagir, é quase certo que a Natureza responda através de acidentes locais (o rompimento de uma barragem, o colapso de uma ponte, a ruptura de um talude, por exemplo), ou problemas regionais (o assoreamento de um rio, de um reservatório, de um porto, ou a contaminação de solos e de águas subterrâneas, por exemplo), consequências extremamente onerosas social e financeiramente, e muitas vezes trágicas no que diz respeito à perda de vidas humanas. Fornecer informações para que essas ações humanas levem corretamente em conta o fator geológico, garantindo então seu êxito técnico/econômico/social e evitando as graves consequências referidas, constitui o objetivo essencial da Geologia de Engenharia.

É indispensável, nesse contexto, que o Geólogo conheça exatamente quais os tipos mais comuns de solicitação que os diferentes empreendimentos (barragens, estradas, minerações, cidades, metrô, aterros sanitários, agropecuária) impõem aos terrenos, o que lhe permitirá orientar e objetivar as investigações que se seguirão e a comunicação de seus resultados.

De outra parte, é fundamental para o sucesso das operações de engenharia que estas se apoiem em um perfeito casamento entre a solução adotada, as características geológicas dos terrenos e materiais afetados e os processos geológico-geotécnicos naturais ou eventualmente provocados pela implantação de um pretendido empreendimento. Daí a essencial importância da **exatidão do diagnóstico** fornecido pelo Geólogo de Engenharia.

Por outro lado, a GE só conseguirá cumprir cabalmente essa responsabilidade, e assim ser útil à Engenharia e à sociedade em um sentido mais amplo, na medida em que não se descole de suas raízes disciplinares, de sua ciência-mãe, a Geologia, o que significa exercitar e priorizar seu principal instrumento de trabalho, o **raciocínio geológico**. Essa precaução a fará sempre ter como ponto de partida a consciência de que qualquer ação humana sobre o meio fisiográfico interfere, não só limitadamente, em **matéria pura**, mas significativamente, em **matéria em movimento**, ou seja, em **processos geológicos**, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam eles temporariamente contidos ou em pleno desenvolvimento.

Enfim, como advoga esse livro, necessário se faz Conversar com a Terra e essas são as bases disciplinares desse fundamental e sagrado diálogo.

3.06 - O MÉDICO CLÍNICO GERAL E A GEOTECNIA BRASILEIRA

Lembro-me com imensa saudade de meu querido pai, Dr. Brasília, médico clínico geral e cirurgião na pequena Batatais, região da Alta Mogiana, Estado de São Paulo.

Exímio cirurgião, mas sua notoriedade maior, entre pacientes e colegas médicos de toda a região, era sua fantástica capacidade de fazer e acertar diagnósticos. Seus colegas de outras cidades vizinhas maiores muitas vezes lhe traziam seus pacientes unicamente para ter dele uma opinião quanto ao diagnóstico do mal com que lidavam.

Essa capacidade veio-lhe por mérito de sua abordagem clínica, ao entender que o organismo humano é composto de partes indissoluvelmente conectadas e interligadas,

pelo que uma insuficiência renal inequivocamente iria também se manifestar na serosidade da pele, nas pálpebras dos olhos, e assim o mesmo decorrendo com todas as demais insuficiências do organismo humano...

À época estavam entrando em moda os exames laboratoriais, e meu velho já adiantava seu veredito sobre esse recurso médico: ótimos, mas somente como apoio à investigação das hipóteses iniciais de diagnóstico produzidas a partir do exame clínico.

Enfim, o grande ensinamento: antes de qualquer decisão, a certeza de se contar com o mais completo diagnóstico do problema enfrentado. Decisões sobre a melhor conduta médica só poderiam ser tomadas a partir desse diagnóstico, do contrário graves consequências adviriam por certo para o paciente.

Premiado por desfrutar como filho dessa linha de conduta profissional, nada mais natural que eu percebesse seu exato sentido também nos campos técnico-científicos a que me dediquei, a Geologia de Engenharia e a Geotecnia. Pelo que preocupa-me sobremaneira a percepção de uma certa desimportância, já um tanto generalizada, que profissionais da Geotecnia brasileira vem dedicando à elaboração de seguros diagnósticos, entendidos esses como a atividade primeira no enfrentamento dos problemas que nos são apresentados.

Frente a um problema geotécnico qualquer, o primeiro impulso vem mais comumente se constituindo na eleição da solução a ser dada, do que decorre a enorme frequência com que todos vimos testemunhando situações de total desencontro entre o real fenômeno geológico-geotécnico em curso e a solução adotada para estabilizá-lo.

Já não é mais o problema que busca a solução, mas sim a solução prêt-à-porter (“pronta para usar”) que comercialmente busca problemas, sejam esses quais forem, para oferecer-se como desejada panacéia tecnológica. Como o caricato “médico de bula”, já habita entre nós o “geotécnico de catálogo”.

Claro, sem dúvida alguma o aperfeiçoamento de nosso leque de soluções técnicas é necessário e bem-vindo, por disponibilizar continuamente novas e eficazes ferramentas para o trato de novos e velhos problemas geotécnicos. A questão apontada não está na qualidade das soluções disponibilizadas, mas no risco em se abordar um problema geotécnico com a predisposição de utilizar-se essa ou aquela solução. Onde a profusão de situações de total insucesso técnico das consolidações geotécnica pretendidas. Casos de mesma natureza são as situações de insucesso financeiro, em que a solução adotada, ainda que possa ter sofrivelmente resolvido o problema, tenha resultado um preço exorbitante, muito maior daquele que seria naturalmente decorrente de uma solução fenomenologicamente correta.

Uma desejada reversão dessa disfunção de abordagem técnica passa pela disposição da Geotecnia brasileira, geólogos de engenharia e engenheiros geotécnicos, em retomar em sua plenitude as rédeas de seu exercício profissional, recuperando em teoria e prática a velha e sábia verdade de ordem metodológica: **a execução de serviços geotécnicos, de qualquer natureza, inicia-se, indispensavelmente, pela exata compreensão qualitativa e quantitativa do fenômeno geológico-geotécnico que se está enfrentando.**

3.07 - O CONTRADITÓRIO ENTRE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE SE RESOLVERÁ TAMBÉM PELA CRIATIVIDADE TECNOLÓGICA

São passados já perto de 20 anos do definitivo advento no cenário mundial das teses e preocupações ambientalistas (Relatório Nosso Futuro Comum, ONU, 1987), assim como das ações dos inúmeros movimentos ambientalistas que a elas sucederam. Tempo suficiente para, escoimados os enganos, os excessos fartamente cometidos por ações e reações, concluir-se da certeza de um saldo extremamente saudável e significativo para a Humanidade.

Não restam dúvidas hoje de que a sociedade humana deve incorporar em suas relações com o planeta a preocupação com a conservação ambiental. Não só por essa ser uma atitude civilizatoriamente superior (ainda que isso já bastasse), mas até por um simples ato pragmático de inteligência. A continuar as coisas como andavam, quando o progresso humano, pela disponibilidade de recursos naturais tidos então como infindáveis, encantava-se com cenas apocalípticas da Natureza dominada pelo arrojo humano, por certo os desastres ambientais se multiplicariam geometricamente tornando por demais dispendioso o próprio progresso desejado, como também, mais adiante, e sem exageros de imaginação, tornando impossível a própria vida humana no planeta.

De todo esse tenso período de maturação das teses ambientalistas, dois conceitos se sobrepuseram como universalmente aceitos, o da Conservação Ambiental e o do Desenvolvimento Sustentado. O primeiro, relativo às preocupações de organizar a ação humana no planeta envolvendo o propósito de conservar ao máximo as condições ambientais naturais. O segundo, estabelecendo um valor civilizatório e ético ao desenvolvimento, ou seja, um desenvolvimento capaz de atender às necessidades da atual geração, prevendo o atendimento futuro das necessidades de todas as gerações que a esta sucederão.

Os preceitos da Conservação Ambiental e do Desenvolvimento Sustentável serão absorvidos e implementados pela Humanidade em dois grandes níveis: o comportamental e o material. No nível comportamental referem-se às mudanças culturais necessárias a transitar de um modelo vivencial altamente consumista e individualista (fonte das mais graves ameaças ambientais) para um modelo assentado em valores mais espiritualizados e humanistas, portanto ambientalmente harmônicos. Inserem-se também nesse nível os avanços jurídicos (legislação) e a firme disposição de recuar a patamares ambiental e socialmente aceitáveis as atuais taxas de crescimento populacional e de consumo de supérfluos. No nível material, referem-se à busca e à produção de conhecimentos científicos e tecnológicos que tornem possível a compatibilização entre o desenvolvimento econômico socialmente necessário e a decisão de conservar o ambiente e respeitar também o direito das gerações futuras ao pleno gozo de suas vidas no planeta.

Especificamente em relação a esse último aspecto, qual seja, a necessidade de um desenvolvimento científico e tecnológico voltado a viabilizar ambientalmente o desenvolvimento necessário, os desafios estão colocados desde já, são imediatos, estão na ordem do dia. E assumi-los e resolvê-los é uma tarefa intransferível e inadiável. Com um profundo conteúdo ético, uma vez que o sonho civilizatório de dar fim à miséria e à fome, o que em última instância significa incluir bilhões de seres humanos a padrões dignos de qualidade de vida, implica a produção de mais energia, mais alimentos, mais habitações, mais bens de consumo, mais estradas, etc.; ou seja, uma intervenção mais intensa do Homem no planeta, ocupando espaços, utilizando recursos naturais, gerando resíduos e efluentes. De tal sorte que a realização desse sonho só será

possível se a sociedade humana conseguir gerar esse *plus* produtivo, respeitando os limites ambientais do planeta, os quais já estão muito próximos de seu total esgarçamento.

Vencer esse desafio exige um total envolvimento com a temática ambiental por parte dos pesquisadores, das instituições públicas e privadas de pesquisa científica e tecnológica, dos órgãos federais e estaduais de fomento à pesquisa. De outra parte, às empresas privadas e particularmente à Engenharia nacional cabe definitivamente deixar de entender as questões ambientais como estorvos maçantes às suas atividades e planos rotineiros, para começar a percebê-las como saudáveis e instigantes desafios a demandar ousadia e criatividade técnica para os superar.

Essa é a única compreensão inteligente do problema e somente esse caminho propiciará à sociedade a desejada viabilização técnica e econômica dos empreendimentos, equacionando-os no contexto da boa técnica e da conservação ambiental.

Os reais avanços que vêm sendo registrados nesses últimos anos sugerem uma expectativa otimista diante dos problemas colocados. O Brasil tem sido sistematicamente signatário de acordos internacionais que objetivam a conservação ambiental. Isso implica um envolvimento oficial do governo brasileiro nos esforços de desenvolvimento tecnológico em produção limpa (P+L), ou seja, além de atuar em tecnologias ambientais que focam o termo final de um determinado processo produtivo, através quase sempre do tratamento de resíduos, efluentes e emissões gerados, também agir no desenvolvimento tecnológico voltado a alterar o próprio processo produtivo, reduzindo a periculosidade dos insumos utilizados, do produto final e da própria linha de produção.

Exemplo emblemático desse esforço foi a substituição do gás CFC (clorofluorcarbono), antes largamente utilizado em equipamentos de refrigeração, produção de espumas flexíveis e recipientes tipo *spray*, por gases inofensivos à camada de ozônio, como a mistura propano/butano e o gás R-134.

Na mesma perspectiva, vários centros de pesquisa debruçam-se integralmente na viabilização de produção limpa de energia através da fusão atômica, de aperfeiçoamentos que permitam o uso amplo de motores tipo célula combustível. O Brasil, com o álcool combustível e agora com o biodiesel, deu um exemplo formidável na produção de combustíveis ambientalmente menos agressivos. Progridam de modo animador os aperfeiçoamentos voltados a conseguir melhores rendimentos nos sistemas eólicos e solares de produção de energia.

No campo da Engenharia Civil brasileira, fato alvissareiro e marcante foi a construção da pista descendente da Rodovia dos Imigrantes, na transposição da Serra do Mar no Estado de São Paulo. O avançado entendimento do comportamento geológico-geotécnico das instáveis encostas da serra proporcionou e sugeriu uma concepção de projeto fundamentada no uso intensivo de túneis e viadutos, e um plano construtivo cuja máxima preocupação foi reduzir ao mínimo possível as interferências nessas encostas. O resultado foi uma obra inteiramente harmonizada com o meio geológico e ambiental que a envolve. Um exemplo que se pode considerar clássico de um empreendimento sintonizado com os preceitos do Desenvolvimento Sustentável, provando que essa sintonia, além de desejável, é inteiramente possível se apoiada em um criativo esforço de inovação tecnológica.

Ou seja, não há limites para o gênio humano. E, ano a ano, os envolvimento e compromissos com o desenvolvimento científico e tecnológico vinculado às questões ambientais se multiplicam. Não há dúvida de que seremos intelectualmente capazes de viabilizar ambientalmente o desenvolvimento econômico e social necessário à

Humanidade através de mudanças comportamentais e da criatividade tecnológica. É apenas uma questão de tempo. E aí reside o único elemento de dúvida. É preciso que as principais questões ambientais estejam equacionadas e resolvidas antes que desastres ambientais de ordem inimaginável possam tragicamente mudar o curso da história humana no planeta Terra.

É justamente esse elemento de dúvida, o fator tempo, que não nos permite ou autoriza o acomodamento. As ameaças ambientais à qualidade de vida no planeta (ou à própria vida no planeta) já deixaram há muito tempo de ser apenas recursos de retórica. É necessário, assim, que todos nos incumbamos da responsabilidade e do compromisso de fazer com que essas ações realmente aconteçam.

3.08 - AS OBRAS DE ENGENHARIA E A IMPORTÂNCIA, O PAPEL E AS ENORMES RESPONSABILIDADES DAS INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

Os fatos são o ar da ciência e sem eles um cientista não pode progredir. Quando estiver observando, experimentando, não se contente com a superfície das coisas. Não se transforme num mero anotador de dados, tente penetrar no mistério de sua origem.

Pavlov

Os vários acidentes que infelizmente vêm ocorrendo com frequência em obras de engenharia em todo o país, alguns poucos chegando aos noticiários, têm trazido à baila a íntima relação dessas obras com os terrenos geológicos em que são construídas. E, por conseguinte, a enorme importância que as investigações geológicas têm para o êxito técnico desses empreendimentos. É necessário, nesse contexto, que todos os profissionais de Engenharia tenham um exato e uniforme entendimento sobre o significado e as características conceituais e metodológicas dessas investigações.

Ainda que em todas as fases de um empreendimento deva existir sempre um sadio e eficiente espírito de equipe, uma ação colaborativa e interdisciplinar entre as diversas modalidades profissionais atuantes, é fundamental que nunca se perca de vista a responsabilidade maior que uma modalidade deve exercer, e por ela responder, em cada atividade e em cada fase.

Nas investigações geológico-geotécnicas que antecedem o Projeto e o Plano de Obra e se prolongam no período de obra e na própria operação do empreendimento, essa responsabilidade maior é da Geologia de Engenharia, entendida essa geociência aplicada como a responsável pela interface tecnológica do Homem com o meio físico geológico.

Para tanto é preciso que fique muito claro a todos que a missão da Geologia de Engenharia não se reduz a entregar ao projetista um arrazoadado sobre a geologia local, a posição do NA, um punhado de perfis e seções geológicas e outro punhado de resultados de ensaios com os índices de comportamento geotécnico dos diversos materiais presentes. O trabalho da Geologia de Engenharia transcende essa limitada visão meramente descritiva e parametrizadora, ainda infelizmente bastante comum entre geólogos executantes e engenheiros demandantes.

A abordagem da GE é essencialmente fenomenológica. Todos os dados e informações anteriormente mencionados são muito importantes, mas o produto final e essencial das investigações geológico-geotécnicas na fase anterior ao Projeto e ao Plano de Obra é um Quadro Fenomenológico em que todos esses parâmetros não estejam

soltos ou isolados, mas sim associados e vinculados a comportamentos previsíveis do maciço e dos materiais afetados pelas futuras solicitações da obra. Ou seja, **a missão essencial da GE é oferecer ao projetista o quadro completo dos potenciais fenômenos geológico-geotécnicos resultantes da interação entre as solicitações próprias da obra que será implantada e as características geológicas (materiais e processos) dos terrenos que serão por ela afetados.** Assim, todo o esforço investigativo deve ser orientado, desde o primeiro momento, a propor, aferir, descartar e confirmar hipóteses fenomenológicas, no sentido de, ao final, ter concluído seu quadro fenomenológico real. Ou seja, desde há muito já não faz sentido uma campanha investigativa cega, geometricamente sistemática ou coisas do gênero. Esse império do padronizado e do repetitivo não é o império da inteligência, da competência e da eficiência.

A esse quadro fenomenológico a GE reúne suas sugestões de cuidados e providências que projeto e obra deverão adotar para ter esses fenômenos sob seu total controle.

A partir desse ponto, a GE entrega o bastão de comando (e responsabilidade maior) para a Engenharia Geotécnica, passando a assumir, nessa nova fase, o papel de apoio e complementação. Lembrando que a frente de obra sempre constituirá o lócus privilegiado para a confrontação das hipóteses levantadas com o real, para as investigações complementares que se mostrem necessárias e para o monitoramento dos parâmetros geotécnicos envolvidos nos fenômenos identificados como possíveis. Deve-se, então, por corolário, afirmar que não faz sentido um sistema de monitoramento geral e universal. Um sistema de monitoramento, seja ele visual ou instrumental, é sempre específico, voltado a permitir o acompanhamento ininterrupto, durante e após a obra, da eventual evolução de um determinado fenômeno potencialmente esperado. Assim, em uma mesma obra poderemos e deveremos ter diversos sistemas de monitoramento, cada qual especificamente associado a uma hipótese fenomenológica. Onde, mais uma vez, se depreende a enorme importância do Quadro Fenomenológico elaborado pela Geologia de Engenharia. Esse quadro deve ser tido como completo e final para uma determinada combinação geologia/solicitações de obra, mas, se por algum motivo houver alguma alteração no tipo de solicitações — por exemplo, se for alterado o método construtivo —, há que se rever e atualizar o quadro, pois a geologia continuará a mesma, mas alterar-se-iam as solicitações e, portanto, o resultado dessa nova interação poderá ser fenomenologicamente diferente.

ROTEIRO DE TRABALHOS DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA

| Fases do Trabalho | Objetivo | Principais Cuidados |
|--|--|---|
| Circunscrição do Problema | <ul style="list-style-type: none"> • Identificação preliminar dos problemas potenciais ou ocorridos. • Enquadramento geológico-geomorfológico do local. • Delimitação e caracterização da área de trabalho. | <ul style="list-style-type: none"> • Recolhimento de todos os registros bibliográficos e técnicos e de testemunhos de pessoal local. • Caracterização das feições e dos processos geológico-geomorfológicos naturais locais e regionais presentes. |
| Análise e Diagnóstico dos Fenômenos Presentes | <ul style="list-style-type: none"> • Caracterização dos parâmetros geológicos e geotécnicos necessários ao entendimento dos fenômenos envolvidos. • Diagnóstico final e descrição qualitativa e quantitativa dos fenômenos implicados nas inter-relações solicitações/meio físico. | <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa de situações semelhantes, especialmente na região. • Identificação dos processos geológicos e geotécnicos originalmente presentes. • Adoção de hipóteses fenomenológicas progressivas e esforço investigativo e observativo para sua aferição. |
| Formulação de Soluções | <ul style="list-style-type: none"> • Apoio à Engenharia na formulação das soluções adequadas. | <ul style="list-style-type: none"> • Zelo especial pela perfeita aderência solução/fenômeno. • Busca do barateamento da solução encontrada. |
| Acompanhamento da Implantação | <ul style="list-style-type: none"> • Garantia da correta execução dos trabalhos e proposição dos ajustes técnicos eventualmente necessários. | <ul style="list-style-type: none"> • Zelo para que a solução implantada cumpra perfeitamente as funções desejadas. |
| Monitoramento do Desempenho | <ul style="list-style-type: none"> • Acompanhamento do desempenho da solução implantada. | <ul style="list-style-type: none"> • Seleção dos indicadores de desempenho, instalação de eventual instrumentação e programação de sua observação qualitativa e/ou quantitativa ao longo do tempo. |

Dentro desse entendimento, será de total responsabilidade da Geologia de Engenharia qualquer problema que venha a acontecer e que decorra de fenômeno geotécnico que não tenha sido previsto em seu Quadro Fenomenológico. Assim como será de total responsabilidade do projetista ou dos elaboradores do Plano de Obra qualquer problema que ocorra por não ter sido levado em conta algum fenômeno potencial incluído no referido Quadro.

Por outro lado, o que ocorre de êxito ou fracasso em uma obra de engenharia está intimamente associado à ação humana. Não é correto que se debite comodamente a fatores da Natureza, ou a deuses e demônios, responsabilidades que são intrinsecamente humanas. O expediente de lançar a responsabilidade por algum problema mais sério às largas costas de imprevistos geológicos ou pluviométricos é, em sua essência, inclusive desprestigiado com os profissionais que atuam na Engenharia brasileira. Diante da insistente repetição dessas cômodas e singelas explicações, a sociedade questiona naturalmente: “mas, afinal, para que servem então engenheiros, geólogos e arquitetos se uma obra é assim tão vulnerável a esses tais imprevistos geológicos ou pluviométricos? Onde raios eles estavam que não perceberam isso?”. Referimo-nos aqui tanto a acidentes como a situações de não-conformidade técnica, não caracterizadas como acidentes, mas, na prática, tão ou mais graves técnica e economicamente que aqueles.

É importante registrar que não podemos caracterizar como um imprevisto geológico uma feição geológica que poderia e deveria ter sido detectada preliminarmente ou no andamento da própria obra e não o foi por alguma deficiência de procedimentos e investigações.

Obviamente, há casos, a cada dia mais raros, em que podem surgir fatos geológico-geotécnicos novos, especialmente quanto a comportamentos geotécnicos ainda desconhecidos ou pouco conhecidos de certas feições ou materiais geológicos. Lembremos a importância de Jupiá para o avanço de nosso entendimento sobre a alterabilidade de basaltos. E assim foi Moxotó com a reatividade álcali-agregados, a Adutora do Guandu com minerais expansivos, os taludes viários de corte do Sul-Sudeste com o empastilhamento de siltitos e argilitos sedimentares rijos, etc. No entanto, com a experiência acumulada no conhecimento geológico e geotécnico proporcionado pela implantação de seguidos e diferenciados empreendimentos, no Brasil e no mundo, e especialmente em regiões geológica e geotecnicamente já bastante conhecidas e mais intensamente afetadas por empreendimentos, essa possibilidade tende exatamente a zero.



Resultado de uma corrida de detritos (debris-flow), um dos movimentos de massa de maior poder destrutivo da Natureza, nos Aparados da Serra (SC/RS). Qualquer projeto de engenharia a ser implantado na região obrigatoriamente deverá levar em conta a possibilidade de ocorrência desse tipo de evento. O simples desmatamento é normalmente a ação antrópica potencializadora dessa ocorrência. (Foto Marcio Araújo de Almeida Braga)

3.09 - GEOLOGIA DE ENGENHARIA: ESSÊNCIAS

Faz-se ciência com fatos, como uma casa com pedras; porém, uma acumulação de fatos não é ciência, como um montão de pedras não é uma casa. (Henri Poincaré 1854-1912)

Resumo

A falta da auto-reflexão sobre suas bases conceituais e metodológicas é fatal para qualquer ciência ou campo tecnológico. Os riscos mais comuns: despersonalização, involução e perda de qualidade. A Geologia de Engenharia tem sua base conceitual e metodológica vinculada à sua ciência mãe, a Geologia, e somente a percepção dessa umbilical ligação poderá garantir o bom e correto cumprimento de seus importantíssimos objetivos para com a Engenharia e a Sociedade Humana.

Palavras chave: Geologia de Engenharia, Geologia, Metodologia científica

Introdução

Sempre acreditei que o sucesso de uma atividade técnica depende intimamente dos princípios conceituais e metodológicos adotados como premissas básicas para sua execução. Entendo que uma atividade técnica que não se encontre assim apoiada e orientada tenderá a perder-se em questões menores e alheias às suas reais responsabilidades.

Com essa preocupação em mente, esforcei-me desde há muito no objetivo de conceber e divulgar os princípios conceituais e metodológicos que julgo intrinsecamente vinculados ao exercício da Geologia de Engenharia. Nessa longa caminhada produzi alguns livros e textos dos quais agora procuro expressar sua essência reunindo alguns pensamentos e postulações que, uma vez considerados em sua indissociabilidade, podem compor um fiel retrato dos resultados a que cheguei.

Na esperança de que possam ser úteis aos geólogos de engenharia brasileiros eu os reproduzo a seguir.

Essências conceituais e metodológicas da Geologia de Engenharia

“Tudo o que vemos na natureza geológica são estágios, paisagens que não foram assim no passado e não serão assim no futuro. Sob a ação da energia telúrica e da energia solar, e tendo a própria Vida como um de seus agentes geológicos modificadores, a natureza é assim mutante, mantendo permanente o sentido maior de suas mutações: a busca de novas posições de equilíbrio. É nessa equação dinâmica que o Homem, com seus variados empreendimentos, interfere. Há, pois, que tê-la em conta. Por sagrado respeito e por um ato de inteligência.”

“Mesmo com a abdicação do consumismo tresloucado e do crescimento populacional, a epopéia civilizatória de chegarmos a uma sociedade onde todos os seres humanos tenham uma vida materialmente digna e espiritualmente plena exigirá, sem dúvida, a multiplicação de empreendimentos humanos no planeta: energia, transportes, mineração, indústrias, cidades, agricultura, pecuária, disposição de resíduos... A Geologia de Engenharia, Geociência Aplicada intimamente associada ao conjunto de esforços civilizatórios voltados a assegurar o bem estar da Humanidade, é um dos ramos tecnológicos sobre os quais recai a enorme responsabilidade de tornar essa maravilhosa utopia tecnicamente possível

para as sucessivas gerações sem que a própria possibilidade da vida humana no planeta seja comprometida.”

“De uma forma concisa, podemos entender a Geologia de Engenharia como a Geociência Aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.”

“A Geologia de Engenharia só conseguirá cumprir cabalmente sua responsabilidade, e assim, ser útil à Engenharia e à Sociedade em um sentido mais amplo, na medida em que não se descole de suas raízes disciplinares, de sua ciência-mãe, a Geologia, o que significa exercitar e priorizar como seu principal instrumento de trabalho, o raciocínio geológico. Essa decisão a fará ter sempre como ponto de partida a consciência que qualquer ação humana sobre o meio natural interfere, não só, limitadamente, em matéria pura, mas, significativamente, em matéria em movimento, ou seja, em processos geológicos, sejam eles menos ou mais perceptíveis, sejam eles mecânicos, físico-químicos ou de qualquer outra natureza, estejam eles temporariamente contidos ou em pleno desenvolvimento. Será somente o raciocínio geológico que permitirá à GE analisar os problemas que lhe são colocados sob a ótica do movimento, da relação entre processos, do confronto entre esforços ativos e reativos no contexto de uma dinâmica temporal. Será somente esse “olhar geológico” que permitirá ao geólogo de engenharia chegar às leis comportamentais de um determinado local ou região a partir da leitura e tradução das feições, evidências e demais sinais que a Natureza lhe propicia (é preciso conversar com a Terra...)”.

“Geologia, Geografia, Geomorfologia, Hidrologia, Climatologia, Pedologia, Biologia..., são ciências indispensáveis para a Geologia de Engenharia bem conhecer e interpretar a Terra e com ela interagir de forma inteligente, respeitosa e, especialmente, sagrada.”

“Não há intervenção humana no meio físico geológico natural do planeta que não provoque algum tipo de desequilíbrio: o corte em uma encosta, o peso de uma barragem, o vazio provocado pela escavação de um túnel, a impermeabilização do solo causada pela cidade, um rebaixamento forçado do lençol d’água subterrâneo, o desmatamento de uma região... Enfim, ao modificar as condições naturais pré-existentes o homem está interferindo em um estado de equilíbrio dinâmico natural. Como resposta à ação do desequilíbrio há uma mobilização de forças naturais orientadas, como reação, a buscar um novo estado de equilíbrio. Caso esse empenho de busca de um novo equilíbrio se dê isoladamente pela própria Natureza as consequências para o homem costumam ser catastróficas: deslizamentos, rompimentos de barramentos, acidentes em fundações, recalques de terrenos, colapso de obras subterrâneas, patologias estruturais, violentos processos erosivos e assoreadores, inundações, etc.

Para que essas consequências reativas de caráter espontâneo e destrutivo estejam sob seu controle, ou seja, que tenha sob seu comando técnico o embate entre os esforços ativos e reativos, é indispensável que o homem entenda perfeitamente as características e processos naturais do meio geológico em que está interferindo, de tal forma a corretamente adequar seus projetos e aplicar as ações executivas compensatórias que se façam necessárias. (*Nature to be commanded must be obeyed. F. Bacon - 1620*).”

“Nas Ciências Naturais, e na Geologia em especial, o primeiro e essencial passo está em descobrirmos e assimilarmos as leis básicas da Natureza. Isso feito, as cortinas se abrem e a compreensão dos fenômenos naturais ou induzidos pelo Homem surge clara à nossa frente.”

“A abordagem da Geologia de Engenharia é essencialmente fenomenológica. Ou seja, a missão maior da Geologia de Engenharia está em produzir um quadro completo dos fenômenos geológico-geotécnicos que podem ser esperados da interação entre as solicitações típicas do empreendimento que foi ou será implantado e as características geológicas (materiais e processos) dos terrenos por ele afetados. A partir da identificação dos fenômenos potenciais ou ocorrentes em uma dada relação solicitação/características geológicas, caberá à Geologia de Engenharia e à Engenharia Geotécnica decidir sobre as soluções de engenharia mais adequadas. Nesse contexto, o geólogo de engenharia deverá ter toda sua atenção voltada ao zelo por uma perfeita aderência entre solução e fenômeno.”

“Sempre no âmbito de um trabalho permanentemente solidário e colaborativo entre a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica, importante considerar que será de total responsabilidade da GE todo e qualquer problema que venha a acontecer e que decorra de fenômeno geológico-geotécnico que não tenha sido previsto ou corretamente descrito em sua análise fenomenológica. Como será de total responsabilidade da EG todo e qualquer problema que ocorra pelo fato do projeto e/ou do plano de obra não terem levado em devida conta algum fenômeno relatado pela GE.”

“Na Medicina há dois momentos, ou etapas, em que são recomendados e executados os exames clínicos e laboratoriais: na fase do diagnóstico da doença e na fase de prescrição e acompanhamento do tratamento.

Na Geotecnia a mesmíssima coisa, ensaios e investigação de parâmetros de interesse devem ocorrer na fase de diagnóstico do fenômeno ocorrente ou potencialmente ocorrente e na fase das prescrições de soluções de engenharia para seu enfrentamento.

O que não se deve nunca é "pular" a fase do diagnóstico do fenômeno e ir direto para a fase de investigação e prescrições de soluções. Um diagnóstico o mais perfeito possível do fenômeno com que se está lidando é o passo indispensável para a boa Geotecnia. É justamente nessa etapa que acontece o momento mais virtuoso da colaboração entre Engenharia Geotécnica e Geologia de Engenharia.”

“O caminho para se chegar a diagnósticos seguros passa por um contínuo processo de adoção de hipóteses fenomenológicas e de aferição destas através do empenho observativo e experimental, ou seja, da investigação orientada de dados que para tanto se mostrem sugestivos ou se façam necessários. Do ponto de vista da formação de um novo conhecimento, pode-se afirmar que a formulação de uma nova hipótese se dá através de um raciocínio indutivo e de uma lógica dedutiva subsidiada por esforço observativo e experimental; atributos que ressaltam a enorme importância da experiência absorvida e vivenciada e do espírito de observação dos geólogos de engenharia.”

“A natureza sempre nos avisa, nunca nos pega desprevenidos. Claro, se para tanto temos bons olhos, ouvidos e demais sentidos educados e atentos ao bom diálogo geológico com a Terra. (*É preciso conversar com a Terra...*)”.

Finalizando, e mais uma vez ressaltando a enorme importância dos geólogos de engenharia empenharem-se em discutir e ter presentes os fundamentos conceituais de sua maravilhosa profissão, lembro um pensamento de Leonardo da Vinci: “*A pessoa que gosta de agir sem teoria é qual marinheiro que sobe a bordo de um navio sem leme e bússola e nunca saberá onde aportar*”.

Agradeço a Deus e a todas as circunstâncias que me levaram a escolher a Geologia como formação e profissão.

4 - DIÁLOGOS GEOLÓGICOS. É PRECISO CONVERSAR COM A TERRA

Como exercício do proposto e necessário diálogo Homem/Terra, o presente capítulo apresenta uma série de textos técnicos do autor do livro, vários deles artigos já publicados, cujo conteúdo visa orientar e/ou exemplificar a melhor atitude humana ante as suas ações de intervenção no meio físico natural, particularmente no meio físico geológico. Com essa perspectiva, o leitor encontrará tanto textos que expõem e discutem aspectos conceituais e metodológicos dessa relação Homem/Natureza, como textos que trazem à baila situações práticas e reais em que, de forma tensa ou harmônica, se deu essa relação, todos eles representando e exemplificando o que entendemos como o indispensável diálogo Homem/Terra.

4.01 - AQUECIMENTO GLOBAL: FALÁCIAS E VERDADES

Esse início dos anos 2020 sepulta definitivamente as honestas, e também as não muito honestas, dúvidas que ainda subsistiam sobre a veracidade e consistência científica das teses e informações apontadas pelo IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, organismo vinculado à Organização Meteorológica Mundial e ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). É fato, observa-se nas últimas décadas uma comprovada persistência de aumento das temperaturas globais e é certo que a atividade humana no planeta inclui-se entre suas causas. Se ainda não sentidas, as consequências para a Humanidade desse fenômeno climático podem vir a ser, em um futuro não muito distante, catastróficas.

Bem, até esse ponto o problema está colocado, agora vamos aos fatos a ele associados. Nenhum de nossos conhecidos problemas ambientais (ou de alguma forma relacionados a questões ambientais) graves e crônicos, como poluição atmosférica, poluição de águas superficiais e subterrâneas, contaminação de solos, enchentes urbanas, áreas de risco a deslizamentos em encostas, margens de cursos d'água e orlas litorâneas, perda e empobrecimento agronômico de solos agricultáveis, depauperação de corpos florestais ativos, crises hídricas, binômio erosão/assoreamento, degradação de mananciais de boa água, depleção do lençol freático, deficiências de saneamento básico, etc., tem no aquecimento global qualquer tipo de origem causal. Foram e são problemas de enorme gravidade, capazes de, per si, sufocar econômica, social e ambientalmente o desenvolvimento brasileiro e a qualidade de vida de sua população, especialmente de sua população de mais baixa renda. Problemas que foram inteiramente gerados por nós mesmos, por nossa estupidez e irresponsabilidade, pela ganância financeira que nos é inculcada como valor social supremo, ou seja, problemas já muito antigos sem nenhuma vinculação a fatores outros como o efeito estufa e outros fenômenos de ordem planetária.

Perde o encanto e a decência, portanto, a atual cantilena de nossos administradores públicos que, marotamente, procurando aliviar-se de suas responsabilidades, lançam agora às costas das mudanças climáticas globais a responsabilidade sobre esses terríveis problemas brasileiros, que nunca foram, por irresponsabilidade, por incompetência e por total falta de respeito humano ao cidadão comum, devidamente enfrentados, prevenidos ou mitigados pelas mais variadas instâncias dos poderes público e privado.

Enfim, o meio técnico e científico brasileiro, em seu empenho com a mitigação do aquecimento global, não pode colaborar para sugerir ou permitir que esse fenômeno

venha a ser levemente utilizado como o bode expiatório dos graves e crônicos problemas que desde há muito tem castigado a sociedade brasileira, o que poderia levar ao enganoso entendimento de que sua superação se coloque como indispensável para a solução dos problemas referidos. Não, tanto hoje como no passado as soluções, insistentemente oferecidas pelo meio técnico nacional, sempre estiveram disponíveis para que fossem devidamente implementadas. O que nos faltou para tanto foi decisão política para priorizá-las e executá-las.

4.02 - VALO GRANDE, UMA FERIDA ABERTA DE ENORME CARGA DIDÁTICA

Tal como uma ferida aberta e latejante, ainda hoje lá está o canal artificial do Valo Grande, com que a ambição, o descuido e a prepotência humana, para encurtar caminhos, pretenderam um dia ligar o Rio Ribeira ao Mar Pequeno, mas que na verdade constituiu o gatilho de um dos mais trágicos e eloqüentes desastres ambientais, econômicos e sociais já ocorridos no Brasil. Ao menos exploremos o didatismo desse triste evento.

Nas primeiras décadas do séc. XIX Iguape, município do litoral sul de São Paulo, rivalizava com o Rio de Janeiro em importância portuária e em vida social e cultural, com suas famílias mais ricas brindadas com constantes espetáculos europeus de arte e até com a presença de um Consulado Francês. Toda essa riqueza e ostentação deviam-se à especialização de seu porto na exportação de vários produtos agrícolas da província paulista, destacadamente do famoso “arroz de Iguape”, o que ensejou a instalação no município de perto de uma centena de engenhos de beneficiamento desse produto agrícola.

O arroz e demais produtos agrícolas chegavam ao porto marítimo de Iguape (contíguo à área urbana que faz frente para o Mar Pequeno, esse separando o continente da Ilha Comprida) carregados em canoas que desciam o Rio Ribeira. A partir do porto fluvial de Iguape, duas alternativas eram então utilizadas. Ou os produtos eram descarregados no próprio porto fluvial de Iguape, de onde vinham em carroças e carroções por terra até o porto marítimo, em um percurso de perto de 3 km, ou as canoas seguiam adiante pelo Rio Ribeira entrando no oceano através de sua foz e volteando para o interior do Mar Pequeno até o porto marítimo, em um percurso de algumas dezenas de quilômetros.

Estava assim logisticamente colocada a pragmática idéia de se escavar um canal de algo em torno de 2 km ligando diretamente o porto fluvial ao porto marítimo. Essa reivindicação, com a força da elite política e econômica de Iguape, foi levada a D. Pedro I e em 1827 eram iniciadas as obras do “Valo”, que por projeto teria pouco mais de 4 metros de largura e 2 km de extensão.

Em 1855, com pompa e circunstância o “Valo” era inaugurado, com o que Iguape se tornava geograficamente uma ilha.

Em menos de 50 anos o pequeno “Valo”, pensado para dar passagem a uma canoa por vez, atingia 200 metros de largura, e mais à frente um pouco, 300 metros, sugando 2/3 do volume hídrico do Rio Ribeira. Era agora já o “Valo Grande”. A força erosiva das águas solapava e carreava os barrancos, invadia e destruía áreas agrícolas e urbanizadas.



O Valo Grande cortando a cidade de Iguape ao meio e ligando o rio Ribeira de Iguape ao Mar Pequeno

Os sedimentos carreados para o Mar Pequeno assorearam por completo o porto marítimo inutilizando-o para operações portuárias já ao final do séc. XIX. As mudanças na dinâmica flúvio-marinha da região introduziram radicais variações ambientais na temperatura, salinidade, correntes e turbidez das águas. Formam-se várias novas ilhas de sedimentos no Mar Pequeno. Escasseiam radicalmente a maior parte das espécies de peixes e mariscos que sustentavam uma segunda forte atividade econômica no município e em toda a região. Por sua vez, a foz original do Rio Ribeira, agora dando vazão a apenas 1/3 das águas originais, é também vítima do assoreamento e de outras tantas modificações decorrentes da alteração de sua dinâmica flúvio-marinha. Enfim, uma radical transformação geológica de toda a região. Como se poderia esperar, Iguape entra em franca decadência econômica, social e cultural. Sua população escasseia e empobrece. Acabava-se melancólica e tragicamente a época áurea.



Imagem Landsat mostrando o alto nível de assoreamento atingiu o Mar Pequeno.

Em 1978, em atendimento aos reclamos locais, o governo do estado providencia a construção de uma barragem (terra e pedras) para o fechamento do Valo Grande. Com a construção dessa barragem não se deu, no entanto, o milagroso retorno às condições de equilíbrio anteriores à abertura do “Valo”. Muitas décadas correndo com apenas uma pequena parte de sua vazão natural o Rio Ribeira, a jusante da embocadura do “Valo”, assoreou-se e deixou de inundar sazonalmente vastas áreas baixas limítrofes. Essas áreas foram então ocupadas para a cultura da banana, a alternativa econômica que sucedeu a operação portuária/agrícola anterior. A partir dos anos 80 uma sequência de grandes inundações causou prejuízos enormes aos bananais (e também ao cultivo do chá) e a outras atividades agrícolas e sítios urbanos da região.

A retirada da barragem, apontada então como a responsável pelas grandes enchentes, era agora a reivindicação que se colocava a uma população cruelmente vitimada em suas atividades, economias e patrimônios. As próprias sucessivas enchentes, com o auxílio de ferramentas manuais utilizadas por moradores locais, incumbiram-se do rompimento total da barragem.

Técnicos debruçaram-se sobre o problema e propuseram como melhor, e bem pensada, solução para o complexo problema a construção de uma nova barragem, mas agora com vertedouro e comportas de controle de vazão e com eclusa para possibilitar a navegação. A proteção das margens e do fundo do canal contra a erosão constituía parte integrante desse mesmo projeto. Em 1993 as obras civis da nova barragem foram concluídas, porém as instalações hidráulicas (vertedouro, comportas e eclusa) não foram executadas por alegada escassez de recursos financeiros para tanto (quantos votos tem Iguape?). Boa parte dessas obras civis já foi hoje também comprometida.

O Valo Grande continua como uma ferida aberta, de uma pungente carga didática a técnicos e governantes (que incrivelmente continuam a ser tão maus ouvintes): não se intervém na Natureza sem antes compreender todas as leis, processos e fenômenos naturais geológicos e biológicos que vão sofrer alguma interferência. Essa compreensão é essencial para a correta adequação de projeto e plano de obra, de tal forma que não se tenha que inexoravelmente arcar com as conseqüências de violentas respostas da Natureza. Esta, frente a uma agressão estúpida, buscará sempre, por seus próprios meios, uma nova harmonização de suas forças e agentes naturais. E pobres daqueles que se colocarem à frente dessas forças.

Vale a propósito lembrar duas sábias afirmações que já lá num tempo bem distante traziam para a Humanidade o âmago dessa mesma mensagem didática. Francis Bacon, em 1620, e Leonardo Da Vinci, em torno de 1.500, respectivamente nos alertavam: “*A Natureza para ser comandada precisa ser obedecida*”, “*Se tiveres que tratar com água, consulta primeiro a experiência e depois a razão*”.

4.03 - A GRANDE BARREIRA GEOLÓGICA DA SERRA DO MAR

Desde o descobrimento do Brasil e o início da colonização de seu território sudeste, a Serra do Mar apresentou-se como formidável barreira à penetração dos colonizadores para o interior do país e ao escoamento de riquezas para o litoral portuário.

Basta dizer que até perto de 1.800 as vias de penetração da Baixada Santista para o Planalto não passavam de algo pouquíssimo melhor que as pré-existentis trilhas indígenas. Mesmo após a implantação de estradas tecnicamente mais arrojadas, como a Estrada da Maioridade, a São Paulo Railway, o Caminho do Mar, a Estrada de Ferro Sorocabana, os problemas geológico-geotécnicos enfrentados pela operação e pela manutenção dessas vias eram de tal ordem que a Serra do Mar continuou por mais

quase 2 séculos a se constituir em um formidável entrave geográfico ao pleno desenvolvimento econômico e social do sudeste brasileiro e do Estado de São Paulo em particular.

O fato é que desde cedo, especialmente a partir do Caminho do Padre José, aberto em 1560, cujas rústicas melhorias buscavam, entre outros propósitos, permitir o transporte de material militar para o planalto em lombo de índios escravizados e mulas, começou-se a perceber que a Serra do Mar não apenas representava uma formidável barreira topográfica. À medida que os meios de transporte exigiam estradas mais largas e com rampas menos acentuadas, foram inevitáveis obras, como cortes e aterros, que implicavam em problemáticas interferências no equilíbrio natural das encostas da serra. Apresentou-se então como problema adicional ao grande desnível topográfico e acentuadas declividades do terreno, a enorme suscetibilidade natural dessas encostas a escorregamentos de solos e rochas, os quais tornaram as obras, como o próprio uso das estradas, uma incrível odisséia técnica e financeira para a sociedade paulista, muitas vezes com tons trágicos de perdas de inúmeras vidas humanas.

Por outro lado, fosse sua topografia um pouco mais suave e suas encostas menos susceptíveis a escorregamentos, por certo a Serra do Mar, com suas maravilhosas e generosas características naturais, teria já sido, a exemplo de outras regiões que lhe são limítrofes, totalmente desmatada e desfigurada — fato que representa hoje uma verdadeira bênção para as enormes concentrações populacionais que lhe são próximas.

Somente bem mais recentemente a Engenharia Brasileira convenceu-se que para bem vencer esse desafio de ordem geológica e geotécnica, precisava-se progredir nos conhecimentos sobre o comportamento das encostas da Serra (deslizamentos, desmoronamentos, corridas de lama e detritos, movimentação de corpos de tálus, etc.), de tal sorte que os projetos e obras de intervenção admitissem características que buscassem contornar as dificuldades colocadas pela natureza. Essa foi uma compreensão importantíssima do problema, pois que possibilitou a migração da anterior postura de “vencer a Serra a qualquer custo” para uma atitude mais inteligente e superior de “entender e respeitar a Serra”.

Esse melhor entendimento do comportamento geológico e geotécnico da Serra do Mar deve-se em grande parte à Geologia de Engenharia e à Engenharia Geotécnica, e pode-se afirmar que os trágicos episódios de escorregamentos ocorridos ainda em 1966 e 1967 na Serra das Araras (RJ) e em Caraguatatuba (SP) constituíram o principal ponto de partida para esse aprofundamento de conhecimentos. Marco especial dessa nova atitude da Geologia de Engenharia foi o histórico feito técnico-científico de geólogos do IPT em 1976 com a descoberta da correlação entre histórico pluviométrico e escorregamentos na Serra do Mar.

Outros trabalhos acabaram por consolidar definitivamente essa “guinada” da Geologia de Engenharia e da Geotecnia brasileiras em atenção às suas responsabilidades disciplinares na explicação de gênese e evolução de fenômenos geológico-geotécnicos da Serra, como em 1976 o lançamento pelo IPT da publicação “Atuação da Cobertura Vegetal na Estabilidade de Encostas: Uma Resenha Crítica” e em 1978 a conclusão e divulgação pelo IPT da Carta Geotécnica dos Morros de Santos, projeto que, pela primeira vez, relacionava a incidência de escorregamentos com determinadas tipologias de encostas e com rupturas positivas de declive.

Em seqüência, vários projetos nos diversos estados do sudeste brasileiro proporcionam o progressivo “desvendamento” da Dinâmica Externa da Serra do Mar, com destaque às Cartas Geotécnicas para municípios do litoral, a continuidade dos estudos sobre correlação entre chuvas e escorregamentos, a aplicação pioneira e plenamente exitosa de programas de Defesa Civil ligados a riscos geológicos.

Hoje pode-se dizer que, graças especialmente à dedicação de seus geólogos, geógrafos e engenheiros, o país encontra-se em um elevado patamar de conhecimentos sobre os escorregamentos de solos e rochas que se verificam natural e induzidamente na Serra, plenamente conclusivo para orientar devidamente qualquer tipo de intervenção de engenharia que seja necessária nessa e em outras serras úmidas tropicais e subtropicais. Sem dúvida, nessa área a Tecnologia Brasileira foi guindada ao nível internacional mais alto de conhecimentos e experiência.

A ocorrência de escorregamentos relaciona-se à conjunção de diversos fatores: pluviosidade, declividade e forma das encostas, características geológicas, grau e tipo de interferências humanas, entre outros.

Dois desses fatores são fundamentais e decisivos para definir a maior ou menor probabilidade de ocorrência desses fenômenos: a pluviosidade e a declividade das encostas. Quanto à pluviosidade, cuja conseqüência problemática é a possibilidade de saturação dos solos superficiais, mais importante que o total de chuvas em um determinado período, ou mesmo que a intensidade de um episódio isolado de chuva torrencial, é o histórico pluviométrico acumulado em um determinado número de dias. A maior probabilidade de ocorrência de escorregamentos, tanto os naturais como os induzidos, se dá quando de um histórico pluviométrico caracterizado por 3 ou 4 dias de chuvas contínuas de saturação, culminado por um episódio de chuva torrencial de grande intensidade. É nessa situação que os solos superficiais atingem níveis críticos de saturação e percolação interna de água com decorrente enfraquecimento limite de suas propriedades geotécnicas.

Obviamente, os escorregamentos induzidos, ou seja, ligados a algum tipo de interferência humana, exigem uma intensidade pluviométrica menor para sua ocorrência em relação àquela necessária ao desencadeamento de escorregamentos naturais.

O fato de ter sido descoberta essa “equação pluviométrica” para a ocorrência de escorregamentos permitiu a adoção de sistemas de defesa civil que, ao detectar a iminência de se configurar o referido histórico pluviométrico crítico, emitem um sinal de estado de alerta que proporciona a interdição de vias, a evacuação de populações em áreas críticas, o isolamento de sistemas industriais e de transporte de combustíveis, etc.

Quanto à declividade das encostas, elas começam a se mostrar mais susceptíveis a escorregamentos a partir de inclinações em torno de 30° e 35°. E quanto à forma, os trechos retilíneos, especialmente os do terço superior dos espigões ou morros isolados, mostram-se nitidamente mais instáveis.

Ainda que esses dados relacionem-se a estudos realizados para a Serra do Mar em seu trecho paulista, pode-se afirmar que sua lógica (chuvas de saturação culminadas por episódio de chuva torrencial, encostas retilíneas e declividades a partir de 30° e 35°) aplica-se a todas regiões serranas quentes e úmidas do país. Nesse sentido, é altamente recomendável a realização de estudos similares em todas as regiões e sub-regiões homogêneas das serras tropicais úmidas brasileiras, especialmente aquelas em que a presença humana tende a conferir um caráter catastrófico à eventual ocorrência de escorregamentos. Esta providência permitiria, para cada caso específico, aferir os limites de segurança e de risco face a situações episódicas de alta pluviosidade, dado de entrada indispensável para a elaboração e implementação de cartas de risco e programas de Defesa Civil.

Quanto à tipologia de escorregamentos que se observa nessas regiões, com base na observação de grande número de situações, foi possível sistematizar padrões de ocorrência quanto à feição desses eventos e relacioná-los à origem dos mesmos. Sem a intenção de nesse artigo aprofundarmos a questão, vejamos um quadro sintético que

sistematiza e relaciona os diversos tipos de escorregamentos (movimentos de massa) possíveis de ocorrer em uma região serrana quente úmida.

CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA (ESCORREGAMENTOS)
(tabela retirada do livro do autor “A Grande Barreira da Serra do Mar”)

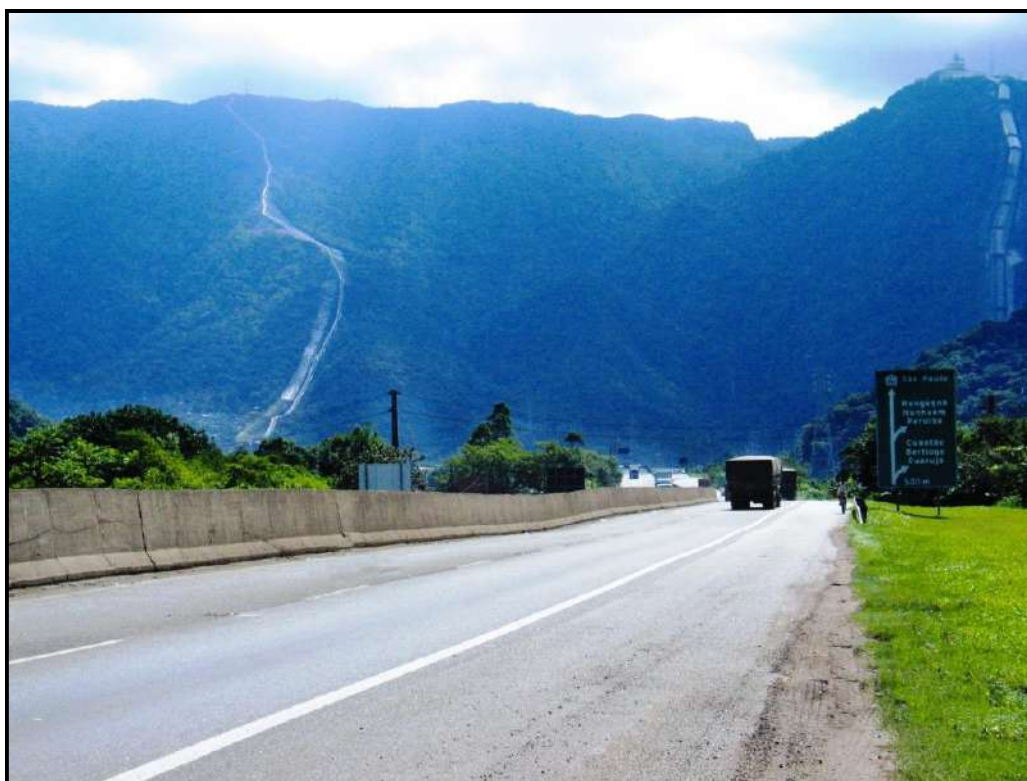
| TIPOS | | CARACTERÍSTICAS |
|---|--|---|
| N A T U R A L I S | Rastejo, Solifluxão | Movimentos de grande lentidão e intermitência no horizonte superior de solos superficiais |
| | Deslizamentos translacionais rasos (ou planares) | Desmorte hidráulico de solos superficiais especialmente associado a encostas retilíneas com inclinação acima de 30° e rupturas positivas de declive |
| | Corridas de detritos | Violenta torrente fluida de massa de solo e rocha ao longo dos talwegues de vales encaixados, originada da confluência do material de inúmeros escorregamentos planares ocorridos nas vertentes desses vales |
| | Desprendimentos em rocha | Queda de blocos e lascas de superfícies rochosas naturais expostas; rolamento de matações superficiais |
| I N D U Z I D O S | Movimentação de tálus e corpos coluvionares | Movimentação de grandes massas coluvionares quando cortadas ou sobrecarregadas por algum tipo de intervenção humana |
| | Escorregamentos rotacionais profundos | Escorregamentos de grandes massas de solo devido especialmente a escavações de pé de talude, sobrepeso, alterações de drenagem, desmatamento, etc |
| | Deslizamentos translacionais rasos (ou planares) | Por cortes no terreno, concentração de águas superficiais, desmatamento, sobrepesos de aterros ou lixo, etc |
| | Desprendimentos em rocha | Queda de blocos individualizados ou desmoronamentos de conjunto de blocos por combinação desfavorável de planos estruturais da rocha com plano do talude de corte, vibrações no terreno, descalçamento erosivo de matações, etc |
| | Colapso em rocha alterada fraturada | Desmoronamento de grandes massas de rocha alterada fraturada pela combinação desfavorável de orientações espaciais de estruturas da rocha, diferentes graus de alteração, inclinação do plano do talude de corte e direção da estrada |

Do ponto de vista ambiental, a percepção pela sociedade que a simples existência da Serra, com sua exuberante Mata Atlântica, vizinha às maiores concentrações urbanas do país, é uma benção para a saúde física e espiritual de dezenas de milhões de pessoas é cada vez maior na consciência de todos, especialmente de nossa juventude, o que tem induzido a produção de poderoso aparato legal de proteção ambiental para a região. Considere-se, no entanto, que para a preservação desse tão fantástico patrimônio, a contribuição da tecnologia nacional é fundamental, uma vez que somente o conhecimento técnico-científico e a criatividade tecnológica dele decorrente poderão

possibilitar que as indispensáveis futuras intervenções humanas junto à Serra (estradas, dutos, linhas de transmissão, sistemas de captação de água, etc.) sejam implantadas e operadas sem afetar as condições geológico-geotécnicas e ecológicas naturais.

Do ponto de vista das transposições viárias da Serra, como das obras civis a elas similares, a Rodovia dos Imigrantes, ao privilegiar túneis e viadutos como expediente de projeto voltado a evitar-se ao máximo interferir nas instáveis encostas, implantou um referencial de conceitos de projeto e planos de obra de excelência ímpar, totalmente adequado às sensíveis características naturais da Serra, particularmente à sua extrema suscetibilidade a escorregamentos. Esse referencial constitui hoje um paradigma tecnológico, uma garantia para que eventuais novas obras viárias, ou similares, de transposição da região não cometam os graves erros do passado e também se pautem por inspirar seus projetos no próprio comportamento geológico natural da Serra e suas encostas.

De um ponto de vista mais geral, considerados todos os variados tipos de obras de engenharia impõe-se como diretriz explícita e implicitamente assumida pelos agentes sociais públicos e privados dos estados envolvidos, a decisão de somente interferir na Serra quando de empreendimentos indiscutivelmente indispensáveis à sociedade. Importante registrar que hoje a mais ameaçadora intervenção sobre os domínios da Serra provém não de obras clássicas de engenharia, mas sim da desorganizada expansão urbana dos vários municípios da orla sudeste brasileira. Essa preocupante expansão e os acidentes e problemas dela decorrentes são hoje uma realidade que exige rápida e consistente ação por parte dos poderes públicos e privados envolvidos.



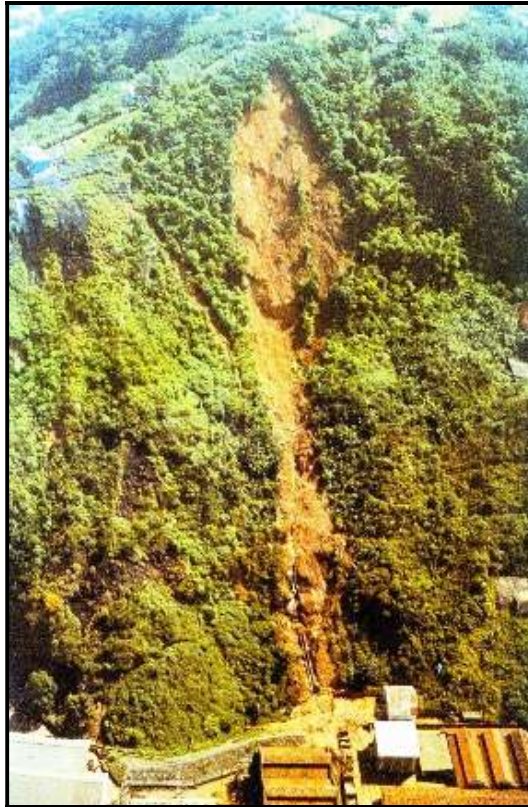
Vista da Via Anchieta na Baixada para a Serra do Mar. Esta foi a muralha com que se depararam os colonizadores. (Fonte Laps.)



Vista da muralha da Serra a partir de Boracéia no litoral de São Paulo. Foto do autor.



Miriade de escorregamentos ocorridos em 1985 nas vertentes do Vale do Rio Mogi. Escorregamentos diretamente associados ao fenecimento da floresta provocado pela poluição aérea originada do Pólo Industrial de Cubatão. (Foto IPT)



Um escorregamento translacional raso típico. Morros de Santos e São Vicente. (Foto do Autor)



O grande corpo de tálus cuja movimentação ameaçou seriamente as instalações da Usina Elétrica Henry Borden foi trabalhosamente estabilizado via impermeabilização superficial e densa rede de drenagem subterrânea. (Foto do Autor)



Diferenças básicas na concepção de projeto: acima, a Via Anchieta, basicamente encravada nas encostas através de cortes; abaixo, a Rodovia dos Imigrantes, uma sucessão de túneis e viadutos minimizando ao máximo interferir nas encostas. (Foto DERSA)

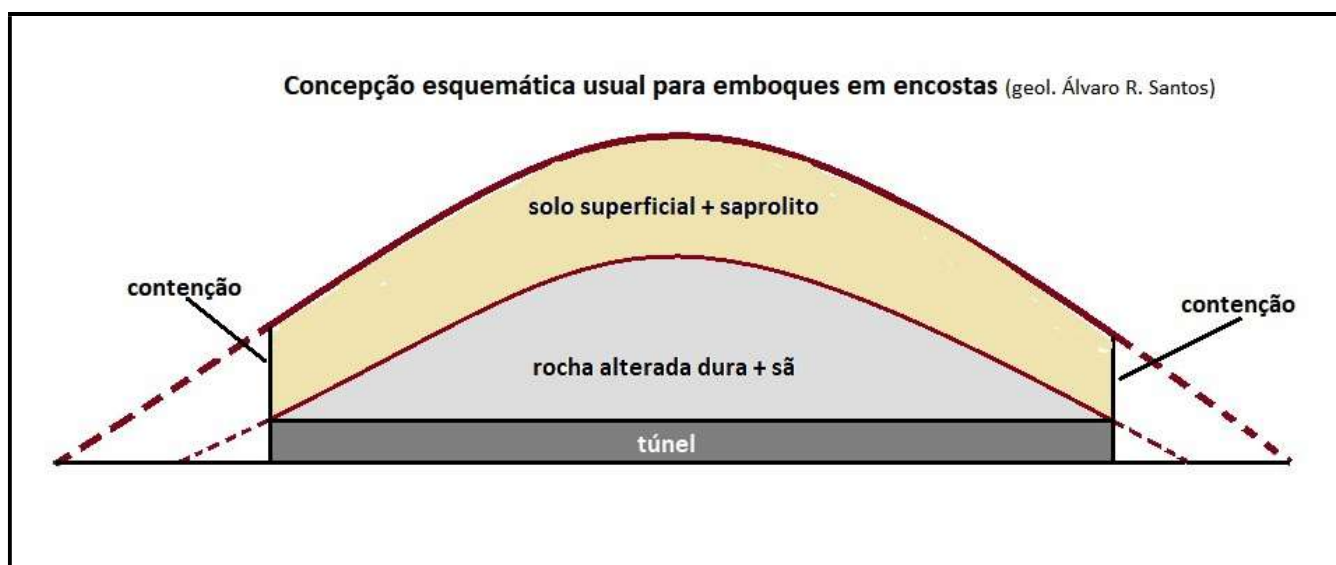
4.04 - EMBOQUES DE TÚNEIS EM REGIÕES SERRANAS TROPICAIS ÚMIDAS

Especialmente após a abertura da primeira pista da Rodovia dos Imigrantes, com seu trecho de serra inaugurado no ano de 1976, a qual, como filosofia de projeto, fez a opção por se desenvolver por túneis e viadutos como expediente de interferir o mínimo possível nas instáveis encostas da Serra do Mar, a engenharia viária brasileira experimentou um notável avanço tecnológico na transposição de regiões serranas tropicais. Dentro da mesma filosofia de projeto, um segundo avanço tecnológico verificou-se na abertura da segunda pista da Imigrantes (2002), a qual, em uma previdente e ousada decisão, optou por túneis mais longos (11 túneis na primeira pista para apenas 3 túneis longos na segunda) expediente que permitiu passar dos 22 emboques anteriores para apenas 6 emboques.

Registre-se que esses saltos tecnológicos somente se tornaram possíveis por decorrência dos grandes ganhos de conhecimento sobre a dinâmica evolutiva das encostas serranas promovidos pela Geologia de Engenharia e pela Engenharia Geotécnica brasileiras ao longo das décadas de 1970 e 1980.

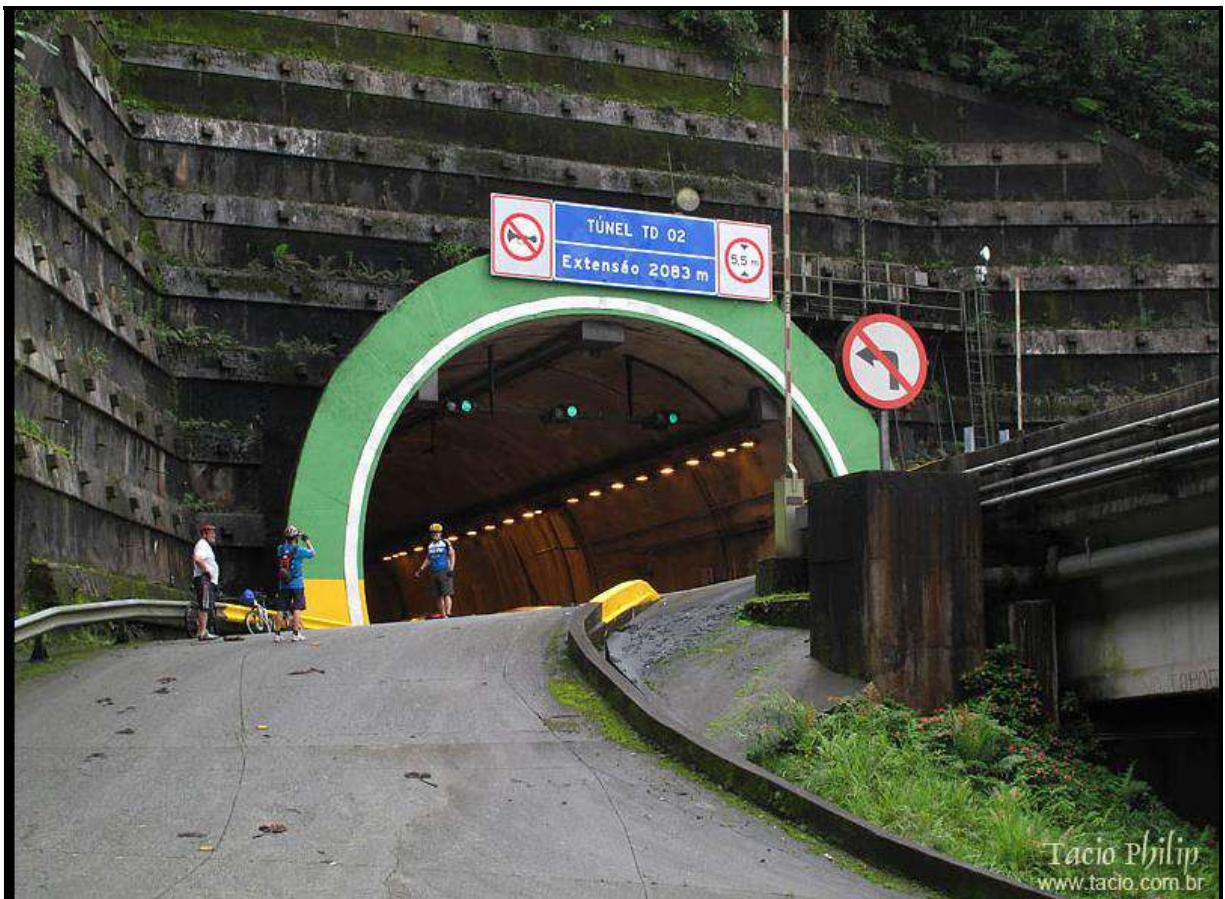
Mas se túneis e viadutos viabilizaram a decisão de interferir minimamente nas encostas serranas, os emboques de túneis inexoravelmente continuaram a exigir esse tipo de intervenção desestabilizadora e o decorrente enfrentamento dos históricos problemas geotécnicos, ambientais e financeiros nela implicados. De certa forma pode-se dizer que as técnicas de emboques de túneis pouco acompanharam os grandes avanços registrados pela engenharia viária brasileira na travessia de regiões serranas tropicais úmidas.

As técnicas atuais mais comuns de emboques em regiões serranas tem implicado em cortes frontais nas encostas de forma a permitir que a escavação tuneleira propriamente dita inicie-se somente quando alcançado e exposto o maciço rochoso em rocha alterada dura e rocha sã. Ou seja, uma técnica que impõe necessariamente uma grave desestabilização nos horizontes superficiais de solos e saprolito. Essa desestabilização tem sido normalmente compensada com a execução de extensas e dispendiosas obras de contenção. Vide concepção esquemática e imagens a seguir.





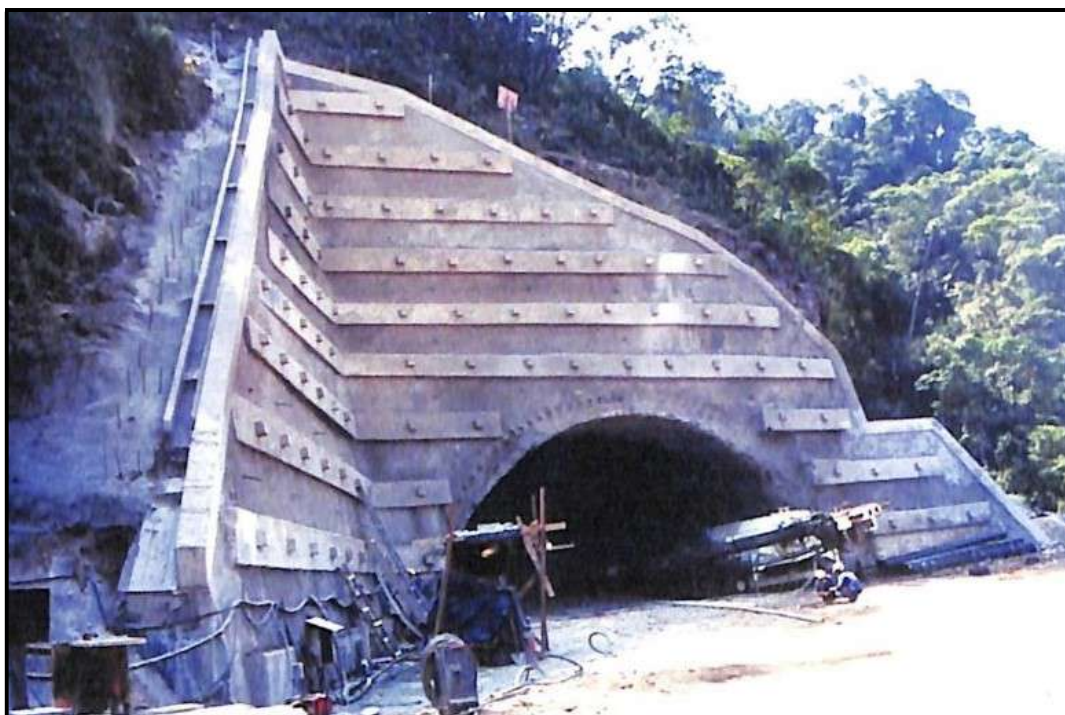
Emboque na nova subida da Serra de Petrópolis



Túnel Rodovia dos Imigrantes



Emboque na Via Transolímpica – RJ



Túnel Rodovia dos Imigrantes

Esse cenário tecnológico revela-se atrasado no tempo colocando para a Geotecnia brasileira uma demanda clara de novas concepções que atendam o objetivo de interferir o mínimo possível nos horizontes superficiais de solos e saprolito, procurando assim evitar sua instabilização e a decorrente necessidade de grandes e dispendiosas obras de contenção.

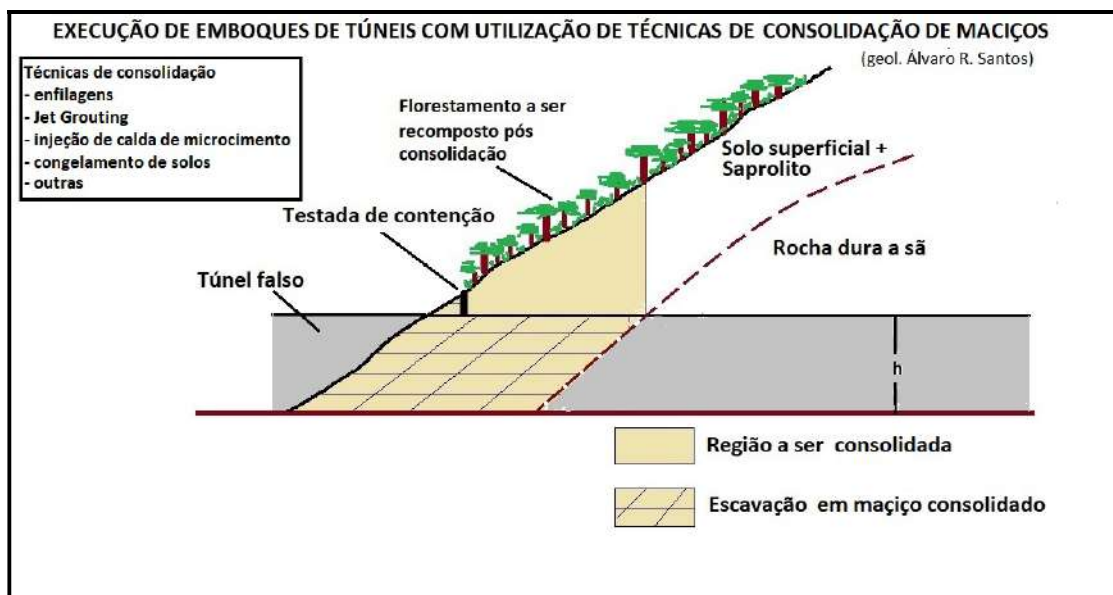
Para tanto é sugerida uma operação preliminar de consolidação da zona frontal desses horizontes mais superficiais do manto de alteração e a conseqüente produção artificial de um maciço provido de razoável coerência e capacidade de auto-sustentação (~

Classe 2/3 Bieniawski), de forma a permitir o início da escavação tuneleira, com a devida promoção de imediata e concomitante sustentação estrutural, desde a superfície natural da encosta, ou seja, sem cortes frontais desestabilizadores.

Duas ações complementam a idéia básica: a adoção de uma extensão em túnel falso (algo como 20m de extensão) e a execução de uma testada de contenção de baixa altura (~3,0m) apoiada e ancorada estruturalmente na abóbada do túnel. Vide croqui esquemático adiante.

As técnicas aventadas para tanto são as utilizadas normalmente para consolidação de maciços terrosos ou saprolíticos, como enfilagens, Jet Grouting, injeção de calda de microcimento, utilizadas isoladamente ou em estudada combinação. Vale também lembrar a possibilidade de utilização de técnicas de congelamento de solos, as quais, se tornadas possíveis, contribuiriam positivamente para uma desejada posterior renaturalização do maciço tratado.

Enfim, ao apresentar algumas sugestões para uma melhor condução técnica das obras de emboques de túneis nas condições fisiográficas descritas, tem esse artigo o propósito de estimular a criatividade e a ousadia dos geotécnicos brasileiros na busca de inovações para o bom equacionamento do problema.



4.05 - ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES: O PERIGOSO “MODISMO” NAS SOLUÇÕES

A estabilização de taludes naturais, de corte ou de aterros compactados talvez seja a demanda mais comum do grande universo das obras da Engenharia Geotécnica. Seja em obras viárias, em barragens, em mineração, em canalização de cursos d’água, em terraplenos para instalações industriais ou comerciais, em zonas de expansão urbana, em escavação de valas, em encostas naturais de regiões serranas, etc., lá estão os taludes a representar ameaças graves e reais para a implantação e a operação dos serviços pretendidos.

Em um país como o nosso, com grande parte de seu território caracterizado por um clima úmido e quente, o que se traduz em forte atuação do intemperismo químico sobre

os maciços e em históricos pluviométricos críticos, fenômenos de instabilidade de taludes impõem-se sobremaneira como comuns e problemáticos.

Pode-se afirmar que em termos teóricos e práticos a Geotecnia brasileira destaca-se, inclusive em termos internacionais, por sua grande evolução, especialmente a partir dos anos 60, no entendimento e no enfrentamento do problema.

No entanto, por motivos que demandariam uma maior análise, o que se tem visto mais recentemente é o predomínio, ou do descaso, quando então “torce-se” para que não aconteça nada com o talude e incorpora-se o risco de enfrentar-se as conseqüências de uma eventual ruptura ou erosão generalizada, ou da adoção cômoda da “moda” tecnológica do momento para uma pretendida solução do problema.

Essa questão do modismo em obras de engenharia, diga-se de passagem, é um dos fatores que mais depõem contra a imagem técnica nacional. Pois que o modismo expõe justamente a fragilidade técnica para a compreensão e avaliação do problema real e singular que se enfrenta, providência que, se bem conduzida, propiciaria a escolha de uma solução específica ótima para cada caso em particular. Com certeza, sempre mais segura e mais econômica.

É prática do modismo na engenharia o caminho inverso do pensamento racional e científico: “tem-se a solução e sai-se à procura do problema”.

Na linha do modismo, por muito tempo enfrentamos, no caso da estabilização de taludes, a “ditadura” do muro de gravidade de concreto. Seguiram-lhe os extensos retaludamentos em bermas de alívio. Mais à frente, apresentou-se a “panacéia” da cortina e dos painéis atirantados. Logo adiante apareceram os “milagrosos” gabiões, sendo indicados para todo tipo de fenômeno. Todas essas alternativas, com maior ou menor intensidade, lançaram também mão dos polêmicos drenos horizontais profundos. Algumas técnicas complementares também gozaram seus momentos de fama e cobiçado modismo: hidro-semeadura, geo-têxteis, telas orgânicas, terra armada, entre outras. Mais recentemente tenho percebido a adoção de mais um modismo, desta vez o solo grampeado associado a concreto projetado com tela de armação, técnica também conhecida por “tela argamassada”.

Seja o caso de uma suspeita de ruptura profunda, seja o caso do risco de desprendimento de blocos de rocha, seja o caso de uma desagregação ou uma erosão superficial ou outro fenômeno qualquer, lá está a “milagrosa” solução: tela argamassada. E para completar a precariedade do conhecimento técnico, instala-se a indefectível malha geométrica daqueles drenos de PVC, desde a base até praticamente o limite superior do talude, como se o nível d’água pudesse variar com essa extensão vertical em um talude de corte. Fosse o caso de se aliviar eventuais sub-pressões entre a face do talude e a crosta de concreto por águas infiltradas, bastaria que se picotasse (perfurasse) esta crosta, obedecendo a mesma malha geométrica, com um bom martelo de ponta, o que dispensaria aquela infinidade de tubos “espetados” passando a idéia de sofisticados drenos.

Enfim, a base do modismo tecnológico está no descaso com a necessidade de uma boa investigação fenomenológica, e seu resultado prático é a profusão de obras de estabilização que não têm absolutamente nada a ver com os reais fenômenos de instabilidade ocorrentes nos taludes a que se destinam. Uma enganosa facilidade de momento que leva inexoravelmente a gastos desnecessários (“matando moscas com canhão”) ou a problemas que vão desde graves acidentes a enormes despesas com serviços de manutenção, sobre-conservação e recuperação para um futuro próximo. Como sempre, uma “esperta” economia em projeto e em consistentes estudos preliminares continua vitimando o orçamento de contratantes, impondo-lhes com

freqüência graves problemas de ordem logística e jurídica. Como também colaborando para corroer sua imagem social e a própria imagem tecnológica da técnica aplicada. O abandono do deletério modismo tecnológico passa pela disposição de contratantes, projetistas e empreiteiras em retornar à velha e sábia verdade de ordem geológico-geotécnica: o procedimento de estabilização de um talude, de qualquer natureza, inicia-se, necessariamente, pela exata compreensão qualitativa e quantitativa do fenômeno geológico-geotécnico que se está enfrentando. Somente essa compreensão, para o que a participação de uma boa Geologia de Engenharia é indispensável, permitirá a adoção de uma solução perfeitamente solidária e adequada ao fenômeno. Adicionalmente, a segurança proveniente dessa compreensão libera o projetista para a adoção de Coeficientes de Segurança mais modestos e para uma maior ousadia na escolha da solução de engenharia. Do que decorrerão, em relação direta, obras mais econômicas e eficazes. Enfim, e resumindo, retornar ao primado da inteligência e do bom senso.



Escorregamento em rodovia na Serra do Marçal (BA). Muro de arrimo destruído por ter sido erroneamente construído sobre talude que poderia se movimentar. “Solução” que colaborou para o escorregamento que veio realmente a ocorrer. (Foto Nelson Custódio da Silveira Filho)



O mais recente modismo em estabilidade de taludes: tela argamassada. Uma excelente solução para situações de blocos soltos superficiais hoje vem sendo erroneamente aplicada para qualquer tipo de problema. Um desperdício financeiro no caso de, por exemplo, apenas riscos de erosão superficial e uma enganosa estabilidade ante, por exemplo, riscos de uma ruptura profunda. (Foto do Autor)



Tela argamassada substituindo proteção vegetal. Incompetência técnica ou descompromisso profissional? (Foto do Autor)



A grama em placa é uma ótima solução para proteção superficial, mas é uma proteção hoje relativamente cara, o que sugere mais cuidado em sua aplicação. Por exemplo, não vinga em taludes de declividade alta e não resolve absolutamente nada em caso de fenômenos de rupturas rasas ou profundas, como mostra a foto. (Foto do Autor)

4.06 - COMPROMETIMENTOS ESTRUTURAIS DE EMPREENDIMENTOS INSTALADOS EM ORLAS MARÍTIMAS OU MARGENS DE RIOS

Com o avanço da urbanização e da ocupação utilitária do território brasileiro tem se multiplicado o número de empreendimentos instalados na orla marítima e em margens de rios, com destaque à expansão urbana propriamente dita, portos, píeres, complexos turísticos, dutos, obras viárias, cabeceiras de pontes.

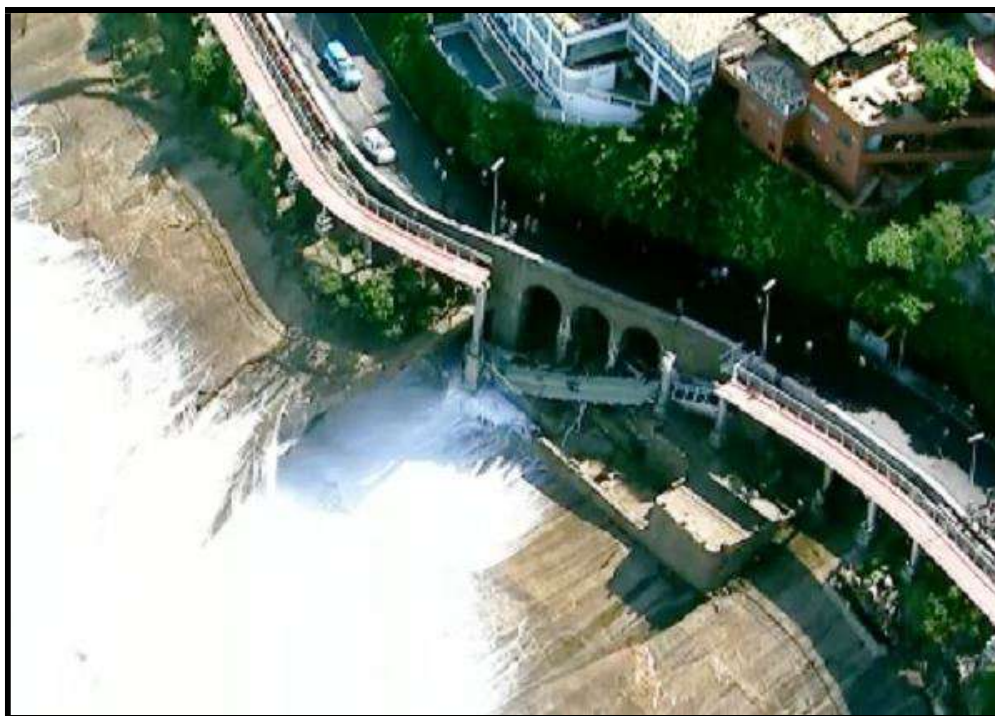
Nessa mesma proporção tem aumentado a frequência de graves eventos destrutivos associados à ação de elementos da dinâmica costeira e da dinâmica fluvial sobre os referidos empreendimentos.

No que se refere à orla marítima a ocorrência de fenômenos erosivos (reco da linha de costa) ou progradativos (avanço da linha de costa) é geologicamente natural, devendo-se à interação de fatores continentais, como o aumento ou a redução do fornecimento de sedimentos, e de fatores marinhos, como alterações sazonais do nível do mar, mudanças na dinâmica de ventos, temperaturas e correntes marinhas etc. A possibilidade de um aumento do nível dos mares como consequência de processos de aquecimento global seria um potencializador trágico dos problemas descritos, mas essa eventualidade não é hoje considerada como seu atual fator causal. O único elemento novo atuante nessa complexidade de processos costeiros é a ação do próprio homem, especialmente por meio do incremento (processos erosivos e assoreadores continentais) ou da supressão do fornecimento de sedimentos (caso de barragens cujos reservatórios retêm os sedimentos que normalmente seriam levados ao oceano). Em menor escala, mas importante localmente, as intervenções humanas na construção de obras marinhas, como diques, quebra-ondas, quebra-mares, espigões, também podem provocar, ao contrário, ou além, de seu esperados objetivos, alterações de extremo risco para toda a orla próxima.

Quanto às margens de rios observa-se um acréscimo considerável de eventos destrutivos associados a fenômenos naturais, como é o caso das terras caídas na Bacia Amazônica e a fenômenos induzidos por algum tipo de ação humana, como o aumento brusco de vazões decorrentes do maior e mais rápido aporte de águas de chuva advindos da elevação do Coeficiente de Escoamento Superficial proporcionada pela expansão das cidades e pela extensão das áreas rurais deflorestadas, como também obras diretas que alteram substancialmente a dinâmica fluvial, como barramentos, derrocamentos, alargamentos, retificações de curso, implantação de diques, eclusas etc. Em ambos os casos, ou seja, em orlas marítimas e margens fluviais, tem-se percebido um fator comum nos eventos destrutivos que se repetem, a ausência ou a insuficiência da consideração de elementos da dinâmica costeira e/ou da dinâmica fluvial nos projetos dos empreendimentos afetados ou causadores. O caso do acidente da ciclovia Tim Maia, na cidade do Rio de Janeiro, onde o projeto não teve em devida conta os eventuais impactos de ondas de ressaca sob o tabuleiro da pista, simboliza perfeitamente o infeliz e corriqueiro deslize técnico de não consideração das referidas dinâmicas.

A situação descrita aponta para a conveniência de duas providências. A primeira diz respeito à obrigatoriedade dos municípios litorâneos e ribeirinhos contarem em seu planejamento urbano com as determinações expressas em uma Carta Geotécnica municipal, que certamente delimitaria as faixas contíguas às orlas marítimas ou margens de rios que não pudessem ser de forma alguma ocupadas, assim como aquelas que possam ter algum tipo de ocupação desde que obedecidos certos critérios técnicos. A segunda providência diz respeito à adoção de uma legislação que torne obrigatória para a aprovação de projetos de empreendimentos situados em orlas e margens de rios a

apresentação de um parecer técnico elaborado por especialistas em dinâmica costeira ou dinâmica fluvial. Sobre essa última providência a referida legislação poderia, por exemplo, envolver empreendimentos situados em uma faixa de 200 m (duzentos metros) contados a partir da linha (cota) definida pela maré alta de sizígia, e no de margens fluviais, faixas de 50 m (cinquenta metros) contados a partir da linha definida pelo nível mais alto de seu leito regular para cursos d'água de até 10 m (dez metros) de largura, de 100 m (cem metros) para cursos d'água entre 10 m e 50 m (dez metros e cinquenta metros) de largura, e de 200 m (duzentos metros) para cursos d'água com mais de 50 m (cinquenta metros) de largura.



Destruição de trecho do tabuleiro da Ciclovía Tim Maia



Erosão marinha. Barra Nova (AL)



Avanço marinho – litoral do Nordeste



Fenômeno de "terras caídas" em margens de rios da Bacia Amazônica

4.07 - O EXTRAORDINÁRIO E INSUBSTITUÍVEL PAPEL DAS FLORESTAS NATURAIS NA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS SERRANAS TROPICAIS

A sociedade brasileira, especialmente na região sudeste, tem pago um preço caríssimo, seja financeiramente, patrimonialmente, e, com grande frequência, com a trágica perda de vidas humanas, pelo fato de persistir em erros históricos na condução de suas relações com nossas serras tropicais úmidas naturalmente florestadas.

Servem como referências históricas claras e flagrantes da gravidade dos fenômenos de que estamos tratando os espetaculares e catastróficos episódios de múltiplos deslizamentos ocorridos, por exemplo, em 1967 na Serra das Araras, no Estado do RJ, e na Serra de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, que contabilizaram milhares de mortos, como também subseqüentes e recorrentes episódios semelhantes que tem resultado em lamentáveis tragédias nos estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, entre outros. Claro, além das centenas de deslizamentos de caráter isolado (jornalística e popularmente mais conhecidos como “quedas de barreiras”), mas não menos desastrosos, que anualmente ocorrem de forma natural ou induzida em nossas regiões serranas.

Sem exceções, essas serras quentes, úmidas e cobertas por florestas densas têm suas encostas caracterizadas por uma grande susceptibilidade a deslizamentos (movimentos de massa) envolvendo solos e rochas. Sem dúvida, essa susceptibilidade será tanto maior quanto maior a pluviosidade local, quanto mais acidentado o relevo e maior o grau de inclinação das encostas, bem como quanto mais atuantes e dinâmicos forem ainda os processos geomorfológicos de formação do relevo.

Essa susceptibilidade a deslizamentos às vezes chega a ser tão acentuada que, ainda que esporadicamente, estes fenômenos ocorrem naturalmente, sem nenhum tipo de interferência humana, como acontece na Serra do Mar. Em outras serras a susceptibilidade a escorregamentos se revela quando de alguma forma de interferência humana, seja por mutilações do terreno através de cortes (na implantação de uma obra viária, por exemplo, ou em uma desordenada expansão urbana), seja por desmatamento, seja ainda por sobre-carregamentos promovidos por aterros ou algum tipo de instalação, como edificações, torres de energia ou telecomunicações, etc.

Por certo, a mais conhecida região brasileira serrana quente úmida densamente florestada, especialmente pela populosa área em que se insere, é nossa Serra do Mar (com seus inúmeros nomes locais, como todas serras mais longas), estendendo-se por mais de mil quilômetros, do norte do estado do Rio de Janeiro ao estado de Santa Catarina. Com as mesmas características fisiográficas essenciais, outras serras quentes úmidas (serras tropicais ou equatoriais úmidas) similares se espalham pelo território nacional em seus domínios tropicais e equatoriais: serras da Mantiqueira, Bocaina, Baturité, Maranguape, Caparaó, Acaraí, Pacaraima, Parima, Tumucumaque, Serra Geral, e outras, além de serras de expressão geográfica mais limitada, como por exemplo, no Estado de São Paulo, a Cantareira, a serra do Itapeti, a serra do Japi.

Lícito seria também estender a validade das considerações técnicas desse artigo para outras situações de relevo, ainda que não constituam serras tropicais úmidas típicas, como por exemplo, nossas diversas Chapadas, os Aparados da Serra, e outras paisagens assemelhadas a “canyons” e “cuestas”. Estes relevos apresentam com frequência uma encosta definida por extensos paredões rochosos verticais superiores e, particularmente a partir de suas médias altitudes para a base, “saías coluvionares” com inclinações mais suavizadas, normalmente florestadas e úmidas, que também manifestam considerável susceptibilidade a deslizamentos.

Quanto às florestas naturais de nossas serras úmidas, tanto nos domínios equatoriais quanto nos tropicais, via de regra são florestas ombrófilas densas, ou seja, florestas com um número enorme de árvores, de até dezenas de metros de altura, com copas imbricadas e contíguas e interior sombreado povoado por samambaias, bromélias, lianas, e toda sorte de epífitas.

Destacam-se como principais características das Florestas Ombrófilas Densas, em suas versões Atlântica e Amazônica:

- grande diversidade florística
- grande endemismo de espécies
- árvores maiores atingindo até dezenas de metros de altura
- corpo florestal denso com copas contíguas
- ambiente interno sombreado, abafado e úmido
- espessa serapilheira (manto de restos vegetais que recobre o solo)
- interior florestal rico em samambaias, bromélias, lianas e epífitas
- enraizamento superficial e sub-superficial intenso e denso



A Floresta Ombrófila Densa da Serra do Mar. Copas contíguas e fechadas. Os ventos não agem isoladamente em uma só árvore e portanto não solicitam o terreno.



Floresta Amazônica: a mesma característica das florestas tropicais úmidas: copas contíguas

O clima comum às florestas ombrófilas densas de encostas caracteriza-se por altas temperaturas médias anuais (por exemplo acima de 19° na Serra do Mar e acima de 25° na Floresta Amazônica) e por uma intensa pluviosidade -- a pluviosidade anual média nos domínios da Floresta Amazônica é sempre superior a 2.500 mm e em alguns trechos a Serra do Mar chega a apresentar pluviosidade anual média acima de 4.000 mm.

Vejam agora a importância e como age a floresta na inibição de escorregamentos, lembrando que a floresta natural de encostas constitui o único, e espetacular, fator externo inibidor de escorregamentos e de processos erosivos. Esse importantíssimo e insubstituível papel é cumprido por meio dos seguintes atributos:

- impede a ação direta das gotas de chuva no solo através das copas e da serapilheira;
- impede a ação erosiva das águas de chuva por meio de raízes superficiais e da serapilheira;
- retém por molhamento de todo o edifício arbóreo parte da água da chuva que chegaria ao solo;
- dilui no tempo o acesso das chuvas ao solo;
- retira por absorção, e devolve à atmosfera por evapo-transpiração, parte da água infiltrada no solo;
- agrega, “coesiona” e retém os solos superficiais através de uma formidável malha superficial e sub-superficial de raízes.

Estudos levados a efeito em diversas florestas tropicais úmidas do planeta revelaram que a cobertura vegetal impede o acesso ao solo de até 20% do total pluviométrico precipitado. O que representa, sem dúvida, uma ordem de grandeza fantástica.

O importantíssimo papel da floresta na contenção das encostas da Serra do Mar ficou nítida e didaticamente evidenciado por ocasião dos escorregamentos generalizados que ocorreram nas encostas do Vale do Rio Mogi no final do verão 1984/1985. Verificou-se

na época que, como consequência da intensa poluição atmosférica gerada pelo pólo industrial de Cubatão, a floresta de porte arbóreo vinha sofrendo um acelerado processo de fenecimento ao longo desse vale. Sem mesmo ter sido iniciado o processo de apodrecimento das raízes, apenas o processo de desfolhamento do estrato arbóreo provocado pela poluição foi suficiente para a quebra do equilíbrio entre os agentes resistentes e os agentes promotores de deslizamentos.



Foto mostrando o episódio de inúmeros escorregamentos translacionais rasos (planares) ocorridos em 1985 nas encostas do vale do Rio Mogi. Estes escorregamentos estão relacionados ao fenecimento da vegetação arbórea provocado pela poluição do Pólo Industrial de Cubatão. O fato comprova o efetivo papel da vegetação na estabilidade das encostas, acrescentando-se que os escorregamentos foram potencializados já a partir somente da perda de parte das copas da vegetação arbórea, uma vez que a malha de enraizamento ainda estava totalmente preservada. Notar a invariável proximidade das raízes dos escorregamentos das cristas dos espigões, mostrando sua nítida relação com a faixa de tração máxima de solos (trincas e alta permeabilidade) situada logo abaixo da ruptura positiva de declive.



Resultado de uma corrida de detritos (debris-flow) nos Aparados da Serra - Santa Catarina/Rio Grande do Sul. O simples desmatamento é normalmente a ação antrópica potencializadora desse tipo de fenômeno. Notar pela escala humana a dimensão do fenômeno e sua força destrutiva. Foto de Marcio Araújo de Almeida Braga

Uma outra constatação demonstra a capacidade de proteção oferecida aos solos superficiais pela floresta: mesmo em chuvas de grande intensidade, as águas das drenagens que correm da Serra para a Baixada permanecem cristalinas, sem nenhum turvamento que possa suscitar a remoção de solos por erosão.

Do ponto de vista dos processos geomorfológicos que geram os relevos serranos, pode-se dizer que com a cobertura florestal intacta esses processos têm sua intensidade extremamente reduzida, podendo ser considerados praticamente contidos, ou seja, o relevo não sofre modificações sensíveis, para a escala de tempo do Homem moderno. A partir dessa percepção, estudos geológicos e geomorfológicos permitiram concluir que nossas serras tiveram seu relevo acidentado modelado em períodos em períodos de ausência florestal, quando então os solos superficiais anteriormente formados ficavam assim expostos à erosão e aos deslizamentos. Esses fenecimentos das nossas florestas serranas coincidiam com os períodos glaciais que ao longo da história geológica atingiram o que viria a ser mais tarde o território brasileiro. Nessas situações, com drástico resfriamento do clima, a floresta reduzia-se a limitados “refúgios”, focos de sua futura expansão e recuperação quando do aquecimento e umedecimento climáticos que se seguiriam.

Por fim, um caso histórico importante de ser registrado, especialmente por revelar o risco da importação desavisada de receituário técnico desenvolvido para realidades fisiográficas diferentes daquelas que prevalecem em nosso país. Trata-se de um erro de gravíssimas consequências ingenuamente cometido pelos engenheiros ingleses que, a partir de 1860 conduziram a implantação na Serra do Mar da ferrovia São Paulo Railway (Santos-Jundiaí), primeira ligação ferroviária entre São Paulo e Santos. Os ingleses desenvolveram experiência técnica original junto a florestas de climas frio e temperado, em que as árvores são de praticamente uma só espécie e

ocorrem relativamente separadas uma das outras, expondo-se isoladamente a ventos fortes que podem, por efeito de alavanca, tombá-las, e com isso ofender, pelo arranque das raízes, as camadas superficiais de solo. Com essa perspectiva providenciaram, como medida pretensamente voltada a evitar deslizamentos, um amplo desmatamento de larga faixa das encostas imediatamente acima da linha férrea; faixa de largura bem superior àquela apenas necessária a evitar a queda de galhos de árvores sobre os trilhos. Não se deram conta de que em climas tropicais e equatoriais as florestas apresentam uma enorme diversidade florística e enorme densidade de árvores, de tal modo que as copas conformam um único corpo arbóreo que se apóia mutuamente, impedindo que os ventos produzam o efeito alavanca que lhe poderia atingir o enraizamento e, por conseguinte, as camadas superficiais de solo. Desprotegidas da fantástica proteção promovida pela floresta tropical, essas faixas desmatadas viram-se sujeitas aos mais variados tipos de deslizamentos e processos erosivos superficiais, acarretando até hoje gravíssimos e dispendiosos problemas para a segurança do tráfego ferroviário no trecho de serra. Esse erro infelizmente foi reproduzido mais tarde também em algumas obras da engenharia nacional em encostas serranas tropicais.



Enorme faixa desmatada a montante da ferrovia Santos Jundiaí na travessia da Serra do Mar. Erro grave cometido pelos ingleses ao imaginar que as árvores da floresta tropical poderiam potencializar deslizamentos. Ao contrário, foi esse desmatamento que induziu o enorme número de deslizamentos com que teve que conviver a ferrovia desde sua construção.



Erro idêntico cometido pela engenharia brasileira no trecho Serra do Mar da Estrada de Ferro Sorocabana. Notar os inúmeros deslizamentos associados a esse desmatamento.

Ainda que as postulações ambientais e ecológicas sejam já plenamente suficientes para justificar uma firme e pronta decisão de proteção de nossas florestas serranas naturais, os aspectos geológicos e geotécnicos considerados nesse artigo reforçam substancialmente a importância e a urgência dessa providência. Especialmente através da criação de Parques Federais, Estaduais e Municipais, e da permanente sustentação de suas competências operacionais.

Sob um outro aspecto, e na medida que algum tipo de intervenção humana junto às regiões serranas tropicais sempre será inevitável (obras viárias, infra-estrutura de telecomunicações, dutovias, etc.), indispensável se faz promover o desenvolvimento de concepções de projeto de engenharia e de tecnologias construtivas que se inspirem na percepção da suscetibilidade das encostas a deslizamentos e no entendimento do fundamental papel das florestas na estabilidade das encostas

4.08 - A IMPORTÂNCIA DA CAMADA SUPERFICIAL DE SOLOS PARA A SOCIEDADE BRASILEIRA

Conservar intacta a camada superficial de solos, evitando revolvê-la ou removê-la: no âmbito da Geologia, da Geotecnia e da Agronomia talvez não haja recomendação técnica mais simples e importante do que essa para orientar as atividades humanas no meio urbano e no meio rural.

Na verdade, há dois selos naturais protetores dos terrenos contra os deletérios processos da lixiviação e da erosão, a cobertura vegetal e os solos superficiais. Vamos considerar que para a implantação de empreendimentos humanos, sejam eles rurais ou urbanos, não há como não desfazeremo-nos do primeiro selo, a vegetação natural (e vamos todos torcer para que isso seja feito com responsabilidade e discernimento), o que nos conduz à indispensável obrigação de melhor conhecer, nos seus mais diversos aspectos, o segundo selo, os solos superficiais.

Ainda que de forma resumida, cabe de início esclarecer uma questão terminológica. Os geólogos de engenharia e os agrônomos usam termos diferentes para classificar os diferentes estratos de solos. Os primeiros adotam a seguinte série para o que denominam de *camadas*: solo orgânico (camada superficial decimétrica rica em matéria orgânica); solo superficial (camada bastante afetada pelo intemperismo e pelos processos de laterização e pedogênese, cuja espessura varia de 0,5 m a alguns metros); solo residual, solo saprolítico ou solo de alteração de rocha (camada de solo com minerais já em razoáveis estágios de alteração físico-química, mas que guarda várias feições herdadas da rocha original, com espessuras extremamente variáveis, desde decímetros até dezenas de metros); finalmente, com profundidade praticamente ilimitada, rocha pouco alterada ou sã. Já os agrônomos, que ao invés de *camada* usam o termo *horizonte*, classificam a mesma seqüência com as seguintes denominações: horizonte A, horizonte B, horizonte C e rocha, agregando às propriedades descritas características próprias do comportamento agrônômico destes solos.

Em regra, a camada de solo superficial (horizonte B agrônômico), fortemente intemperizada, tem uma composição bem mais argilosa do que as camadas inferiores (solo residual saprolítico – horizonte C agrônômico), onde predominam granulometricamente os siltes e as areias, especialmente considerado o perfil de solos típico das formações geológicas cristalinas (rochas magmáticas e metamórficas). Essa composição mais argilosa lhe confere aos solos superficiais uma forte coesão entre partículas, atribuindo-lhes, por conseguinte, mais resistência aos processos erosivos de superfície e melhores propriedades geotécnicas de uma forma geral. Vale lembrar que a argila é o tipo de solo formado por minerais com a granulometria mais fina (o diâmetro das partículas é inferior a 0,002 mm), o que resulta em uma propriedade altamente ligante, ou seja, a argila dá coesão aos grãos minerais formadores dos solos.

É interessante a explicação do motivo pelo qual há mais minerais argilosos na proximidade da superfície dos terrenos. Os minerais das rochas primárias (magmaicas ou metamórficas) formaram-se em condições extremas de temperatura e pressão. Ou seja, são ambientalmente compatíveis com essas condições extremas e, portanto, francamente desarmônicos com as condições ambientais hoje vigentes na superfície do planeta. O processo de alteração de uma rocha é, assim, um processo químico e físico-químico que caminha em direção à produção de novos minerais, mais compatíveis com o meio ambiente da superfície. Desses novos minerais, os mais equilibrados com esse novo ambiente são os argilosos.

Além do intemperismo (desagregação e decomposição físico-química dos minerais da rocha), dois outros fenômenos são importantes na formação dos solos superficiais e influem em suas características. A pedogênese, que envolve alteração bioquímica dos minerais, e a laterização, que implica a migração de íons no interior do solo. Ambos os fenômenos contribuem para a produção de minerais argilosos e para a cimentação das partículas por diversas classes de óxidos, o que concorre também para uma maior ligação entre as partículas desses solos. Graças a esses fatores, os solos superficiais (horizonte B agrônômico) de rochas cristalinas e de muitas rochas sedimentares chegam a ser 30 vezes mais argilosos do que os solos das camadas inferiores e até 100 vezes mais resistentes à erosão.



Perfeita distinção entre a camada superficial, com solos mais argilosos e laterizados, e o solo de alteração mais profundo, silto-arenoso, extremamente erodível. Terrenos cristalinos. Foto ARSantos.



Evidência da maior resistência dos solos superficiais à erosão também em terrenos sedimentares. Bacia do Paraná. Foto ARSantos.

No meio rural há um problema adicional grave: o desmatamento para exploração de madeira, para avanço de atividades agrícolas ou pecuárias, o revolvimento contínuo dos

solos superficiais e a não adoção de técnicas conservacionistas de cultivo, entre outros procedimentos, fazem com que os solos sejam erodidos e os principais elementos nutritivos desses solos sejam lixiviados (carreados por percolação de água), o que os torna progressivamente estéreis para a agricultura. Tal deficiência em parte só pode ser compensada mediante expressivo gasto com fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas. Entre as técnicas conservacionistas de cultivo que evitam esse empobrecimento dos solos, destacam-se o emprego de curvas de nível, terraceamento, o plantio direto, a rotação e a combinação de culturas.

Do ponto de vista econômico, os processos erosivos em áreas rurais e urbanas brasileiras acarretam prejuízos da ordem de bilhões de dólares ao ano para o país. A perda média de solos por erosão superficial nas áreas rurais utilizadas para atividades agropecuárias no Brasil é estimada em 25 toneladas de solo por hectare/ano. Isso significa a perda de algo próximo a um bilhão de toneladas de solo por ano, o que, para tornar o desastre ainda maior, promove intenso assoreamento de cursos d'água, lagos e várzeas. Na área rural a erosão laminar, a erosão em sulcos, as ravinas e as bossorocas constituem os processos erosivos responsáveis por esse enorme desastre.

Nas cidades o principal fator de remoção da camada superficial de solos está na danosa cultura da terraplenagem, implementada de forma intensa, extensa e despropositada nas frentes de expansão urbana, via de regra removendo por completo os solos superficiais e expondo à erosão os solos mais sensíveis das camadas inferiores. As extensas terraplenagens são parte de uma preguiçosa e irresponsável cultura tecnológica pela qual se busca adaptar a natureza às disposições de projetos-padrão, ao invés de, criativamente, adaptar os projetos à natureza (no caso, o relevo) das áreas onde são implantados. Importante ter em conta que há já hoje à disposição dos empreendedores tecnologias e conhecimentos que permitiriam a plena adoção do conceito de erosão zero na área urbana, como arranjos urbanísticos e arquitetônicos adequados a terrenos de topografia mais acidentada, técnicas de planejamento de serviços de terraplenagem, expedientes de estocagem e reutilização do solo superficial e técnicas de drenagem e proteção de taludes contra a erosão.

Para se ter uma idéia desse caos geotécnico, na Região Metropolitana de São Paulo a perda média de solos por erosão está estimada em algo próximo a 13,5 m³ de solo por hectare/ano, do que decorre a produção anual por erosão de até 8.100.000 m³/ano de sedimentos e sua decorrente liberação para o assoreamento da rede de drenagem natural e construída. Especialmente as frações arenosas desse volume (3.250.000 m³) se depositam nos leitos de rios e córregos, e as frações silto-argilosas (4.850.000 m³) são levadas em suspensão e depositadas mais à frente ou em condições de águas paradas ou lentas. O assoreamento chega a comprometer até 80% da capacidade de vazão das drenagens urbanas constituindo-se hoje em uma das principais causas de nossas enchentes urbanas.

Enfim, os prejuízos para a sociedade brasileira advindos da remoção e do revolvimento de solos superficiais no meio rural e urbano são de tal magnitude que estão a exigir uma verdadeira cruzada tecnológica em favor de sua preservação. Tal campanha deverá ser promovida pelo poder público, em todos os níveis, e pelos empreendimentos privados diretamente envolvidos com o problema. Mas, certamente, a primeira iniciativa caberá ao meio técnico-científico do país.

4.09 - GROTAS, FEIÇÕES DE RELEVO VEDADAS À URBANIZAÇÃO

Introdução. A questão conceitual

Assume-se nesse artigo o entendimento empírico e popular da grota como uma cabeceira de drenagem em forma aproximada de ferradura, morfológicamente côncava, com paredes íngremes em sua parte superior e hidrogeologicamente ativa, ou seja, associada sempre a uma nascente que dá origem a um curso d'água perene ou intermitente.

Grotas como áreas de risco

A correlação de grotas com riscos geológicos é já conhecida do meio profissional que lida com áreas de risco, em especial em áreas urbanas. Entretanto, a continuidade da ocupação dessas feições geomorfológicas, com notável incidência de graves acidentes, está a exigir um posicionamento mais resolutivo e firme do meio técnico quanto ao seu destino urbano, o que significaria, no entendimento do autor, que se vá além dos cuidados e alertas sobre a suscetibilidade a deslizamentos das citadas feições, e se avance para a radical proibição de sua ocupação por edificações e infra-estruturas urbanas.

Assume-se nesse texto que as cabeceiras de drenagem tipo “grotas” devem, por seu natural dinamismo geomorfológico, sua natural instabilidade geotécnica e sua relevância hidrológica e ambiental, ser terminantemente vedadas à urbanização, do que se ressalta a importância de sua correta caracterização morfológica em campo e de seu registro cartográfico.

Cabeceiras de drenagem e grotas – Dinâmica evolutiva

As cabeceiras de drenagem, lato sensu, são entendidas como o segmento superior de caminhos de drenagem que escoam as águas pluviais em vertentes e encostas para seus níveis hidrológicos de base. Seu desenvolvimento dá-se normalmente por processo erosivo decorrente do escoamento de águas pluviais ao longo do tempo geológico. Trata-se de um processo progressivo de sulcamento e ravinamento que tem sua intensidade erosiva controlada pela pluviosidade/condições climáticas, pela declividade da encosta, pela resistência dos solos à erosão, pela cobertura vegetal, por suas relações com o lençol freático local. A ação humana (concentração de caminhos d'água, desmatamento, etc.) age sempre como elemento potencializador da evolução das cabeceiras de drenagem.

Do ponto de vista geomorfológico as cabeceiras de drenagem cumprem papel fundamental no processo de dissecamento erosivo de encostas e vertentes.

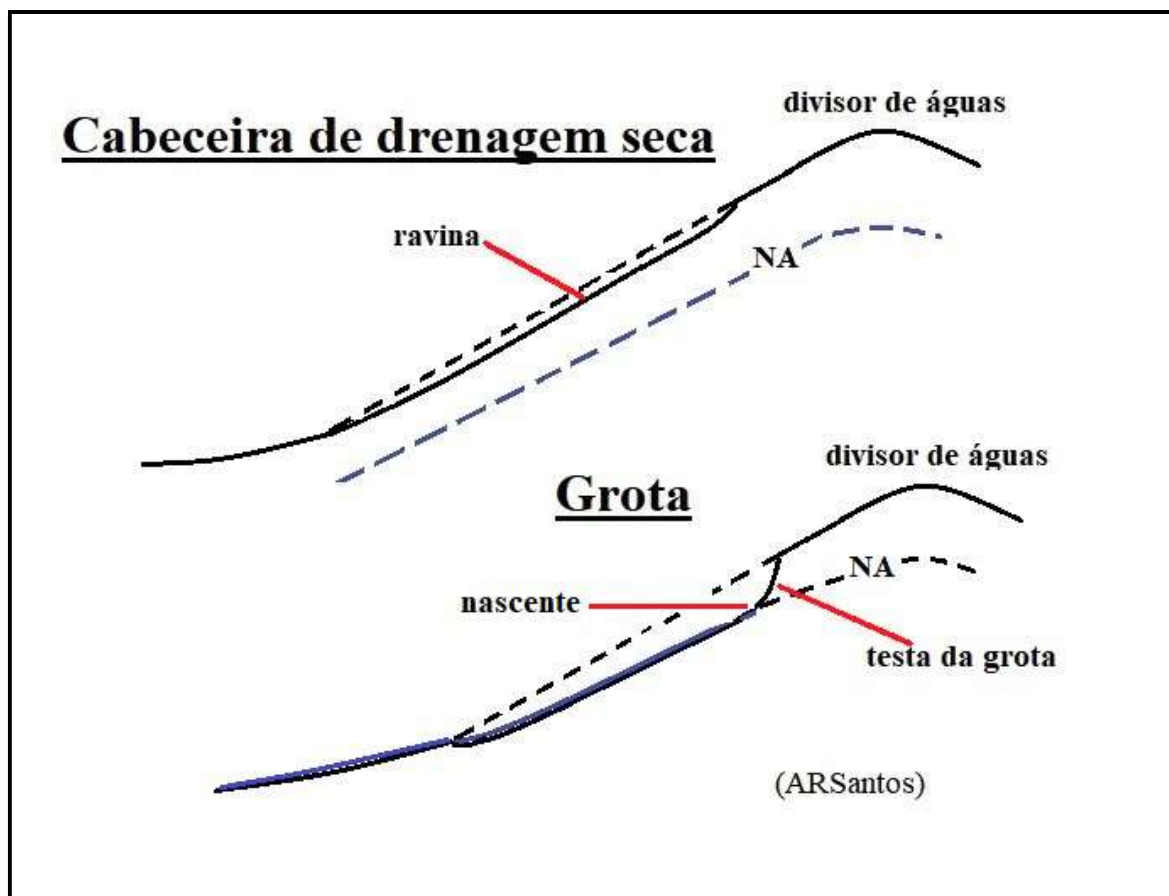
As cabeceiras de drenagem podem situar-se em qualquer termo da encosta, estancando seu desenvolvimento de montante em faixa topográfica próxima ao divisor de águas.



Ocupação de grotas: inevitáveis acidentes e estúpidas perdas de vida. Notar que até conjuntos condomínios habitacionais públicos instalam-se em grotas em busca de menor preço de metro quadrado de terreno. Santo André – SP. Foto do autor.

Tipologia. Cabeceiras de drenagem secas e Grotas.

As feições de relevo associadas a drenagens de encostas podem ser classificadas de variadas maneiras, em dependência dos parâmetros físicos considerados. Para a finalidade desse artigo técnico há interesse apenas em sua classificação quanto à dinâmica de sua evolução. São então assim consideradas as Cabeceiras de Drenagem Secas, onde o processo de evolução corresponde ao simples ravinamento erosivo por águas pluviais, e as Grotas, onde o processo de evolução está também associado à surgência de água subterrânea. As cabeceiras de bossorocas constituem um tipo especial de grotas.



As grotas são tipos especiais de cabeceiras de drenagem em que o ravinamento atingiu o lençol freático ou um lençol subterrâneo suspenso local. A partir dessa condição a evolução da cabeceira se acelera em processo semelhante ao das bossorocas, ou seja, em uma dinâmica remontante alimentada pela combinação de encharcamento e solapamentos da base da testa da cabeceira, sendo os sedimentos produzidos transportados por enxurradas pluviais para jusante. Não é rara a existência de fenômenos de piping no ponto inicial da nascente (pé da testa da grotta), condição que colabora para a potencialização do solapamento da testa. As grotas são fruto, portanto, de uma combinação fenomenológica de águas de superfície e águas profundas. Ao longo desse processo a testa da grotta evolui em altura, concavidade e largura, podendo conter mais de uma frente de evolução.

A grotta constitui a feição mais ativa e acelerada de evolução do relevo em sua região, o que se traduz em sua alta suscetibilidade a movimentos de massa.

As grotas formam-se nos variados tipos de relevo. Nos relevos mais suaves e arenosos sua representação mais destacada é a bossoroca. Nos relevos medianamente acidentados, como os mais fortemente colinosos, mar de morros, morros e morrotes isolados, serras restritas... as grotas são conhecidas como tal, constituindo feições naturais típicas e plenamente integradas na cultura popular.



Bossoroca em evolução. Notar ravinamentos secundários que tendem a se transformar em novas bossorocas.

Foto Fazenda Glória, Uberlândia MG.



Grotta com densa urbanização. Nova Friburgo RJ. Foto HCMiranda.



Quantos ainda precisarão morrer? Foto FAEP.

Grotas dormientes. Reativação antrópica da dinâmica evolutiva. Trabalhos de recuperação

Dois fatores especialmente contribuem para determinar a intensidade maior ou menor da dinâmica evolutiva das grotas, o domínio florestal da grotas e o volume de águas pluviais que se direcionam da região a montante para o interior da grotas.

O domínio florestal é o principal fator de inibição da dinâmica evolutiva das grotas. Esse domínio florestal acontece em períodos geológicos de condições climáticas favoráveis. Em períodos geológicos mais áridos com recuo florestal e chuvas torrenciais temporalmente concentradas a dinâmica evolutiva das grotas mostra-se acentuadamente acelerada. Na maior parte da extensão do território brasileiro predominam hoje condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de concentrações florestais nas grotas, considerando que essas feições se destacam em sua região por manter um nível maior de umidade dos solos.

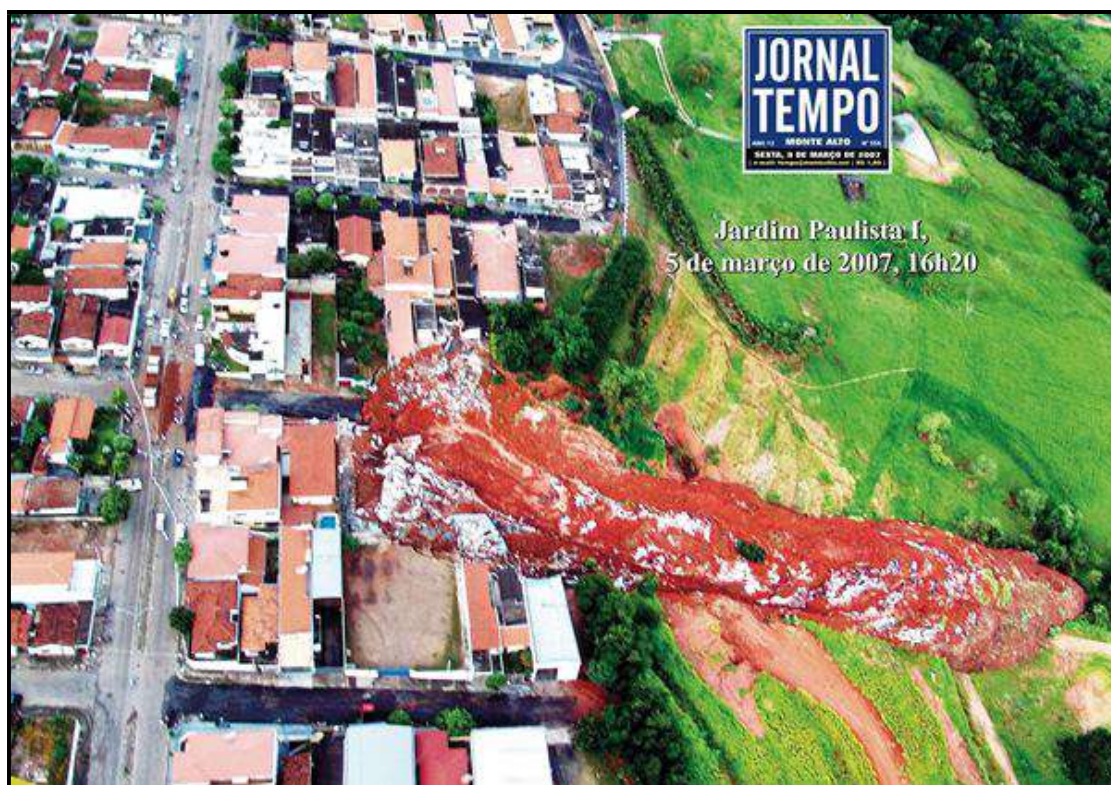
É assim comum em regiões que guardam suas características naturais que as grotas encontrem-se relativamente estabilizadas, tanto pela prevalência do domínio florestal como pela dispersão das águas pluviais superficiais de montante. Pode-se considerar que nesta condição as grotas tem sua dinâmica evolutiva praticamente contida, mas em condição latente. Ou seja, na dependência de alteração dos dois fatores estabilizadores certamente essa dinâmica será reativada.

É justamente o que normalmente sucede em regiões onde a atividade humana, seja em práticas rurais de agricultura e pecuária, seja em práticas tipicamente urbanas, implica notoriamente em desmatamentos e concentração de fluxos de escoamento de águas de chuva.

Por decorrência, as medidas essenciais para a estabilização dos processos evolutivos de um grota são a imediata interrupção do acesso de escoamentos de águas de chuva em sua crista, sua limpeza e seu reflorestamento.



Reativação da dinâmica evolutiva de grotas por ocupações de cabeceira. Santo André SP. Foto do autor.



Bossoroca, que teve sua “cabeça” aterrada para receber ocupação urbana, reativada pela concentração de fluxos de água profundos e superficiais. Monte Alto SP. Foto Jornal Tempo.

As grotas como áreas de risco à urbanização

Como já referido, as grotas constituem feições de relevo extremamente susceptíveis a deslizamentos. Essa condição é sumamente agravada pelo fato das grotas se apresentarem ao moradores próximos como destino fácil para todos os tipos de resíduos

urbanos: lixo doméstico, entulhos de construção civil, animais mortos, carcaças de equipamentos, etc. Ou seja, quando a própria gruta recebe edificações essas se instalam em condições geológicas e geotécnicas extremamente críticas quanto a sua estabilidade. Cumpre ainda considerar a temerária cultura técnica, totalmente inadequada para terrenos declivosos, de se cortar a encosta para a obtenção de um platô plano a receber a edificação.

Com essas características as grotas, desgraçadamente, tem se oferecido à população de baixa renda como área atraente pelo baixo custo do metro quadrado e de aluguéis. Acidentes gravíssimos, com estúpidas perdas de vida, não se fazem por esperar.

Não há recomendação técnica plausível e financeiramente aceitável para operações de estabilização geotécnica que possam tornar as grotas terrenos seguros para a urbanização. A radical proibição de urbanização habitacional das grotas se impõe como a solução mais acertada para o problema. Tal decisão deve sem sombra de nenhuma dúvida ser definitiva e claramente expressa pelas Cartas Geotécnicas como **áreas não ocupáveis**. E na inexistência dessas cartas, pelo Plano Diretor e pelas leis municipais de uso e zoneamento do solo urbano.



Conjunto Residencial da CDHU construído em cabeceira de gruta contribuiu com a reativação de sua dinâmica evolutiva.

Franco da Rocha SP. Foto do autor.

As grotas no contexto ambiental

As grotas, por suas nascentes, constituem preciosos mananciais de água para consumo humano, além de suas singulares funções ecológicas como locus privilegiado de espécies botânicas de grande valor e de abrigo, alimentação e dessedentação de enorme diversidade animal. Só por esses fatos, e pela simples aplicação das disposições do Código Florestal para a delimitação de Áreas de Proteção Ambiental – APPs em torno de nascentes e olhos d'água (círculo de raio de 50m) já deveriam ser consideradas não urbanizáveis. Essa proteção, infelizmente, não tem sido adotada e esses mananciais têm sido sistematicamente engolfados pelo implacável crescimento urbano por espraiamento geográfico, típico das cidades brasileiras, e utilizados como local de

disposição irregular de resíduos urbanos e/ou de implantação de precárias e arriscadas moradias populares.



Constante avanço na ocupação de grotas. Cotia SP, imagens Google Earth de 2012 (acima) e 2022 (abaixo).

O melhor e mais virtuoso destino urbano para as grotas

Seja no âmbito de políticas públicas de gestão do risco geológico, seja no âmbito de políticas de proteção ambiental e gestão de recursos hídricos, o melhor destino urbano para as grotas está em sua transformação em parques florestados entregues ao lazer e atividades de educação da população.

Considerando as condições de risco, a delimitação do perímetro não ocupável deverá necessariamente incluir a montante da crista frontal e das cristas laterais uma faixa de terreno de largura em torno de 40 metros, uma vez que a ocupação dessa faixa implica em decorrências negativas para a estabilidade geotécnica da testa da grota e para a boa qualidade das águas nascentes.

Para o caso de grotas já geologicamente e ambientalmente degradadas, e que venham a ser desocupadas como decorrência da aplicação de políticas públicas de gestão de riscos geológicos, faz-se imprescindível, para sua transformação em parques florestados, uma operação anterior de recuperação sanitária e geotécnica.

No âmbito desse trabalho de recuperação, destaca-se o objetivo de limpeza do material superficial solto (terra, entulho, lixo...), aplicação de medidas de inibição de deslizamentos e eventuais estabilizações geotécnicas localizadas, o que envolveria os seguintes itens:

- 1) imediata interrupção do direcionamento e acesso de escoamentos de águas pluviais para o interior da cabeceira da grota. Essa medida é de caráter essencial por ser drasticamente inibidora da ativação da dinâmica evolutiva das grotas;
- 2) remoção cuidadosa dos materiais soltos acumulados na grota (terra, entulho de construção civil, lixo doméstico, resíduos de toda natureza);
- 3) as intervenções deverão ser executadas manualmente e/ou por equipamento leve. Não se deve abrir acesso para equipamento de maior porte. A idéia é não interferir no solo natural local, somente no material sobre ele lançado ao longo do tempo;
- 4) no caso de eventual presença de vegetação de maior porte, sempre que possível evitar a remoção;
- 5) especificamente junto ao local das nascentes de água, a remoção de materiais soltos é especialmente importante, de forma que esse "olho d'água" fique totalmente livre, desobstruído e descontaminado;
- 6) os trabalhos devem se desenvolver de montante para jusante. Para facilitar o trabalho de limpeza e remoção sugere-se a utilização de calhas de madeira para a condução do material das cotas superiores para a base do talude;
- 7) assim que os taludes naturais superiores vão sendo liberados (limpos de material solto) deve-se proceder sua proteção vegetal. Como, ao final, espera-se que essa área seja ocupada por um bosque florestado, sugere-se a utilização inicial de hidrossemeadura (no caso com predominância de espécies leguminosas locais) seguida de plantio direto de mudas de árvores e arbustos naturais da floresta original da região. Dentro desse procedimento de montante para jusante, quando a limpeza estiver sendo executada junto ao ponto mais baixo do talude, toda a extensão superior já estará razoavelmente protegida contra a erosão. Caso se veja como necessário, deve-se considerar a instalação de sistema de drenagem para águas pluviais.

Bibliografia de referência

Coelho Netto, A. L. - Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, Nº 2 (2003) 69-100.

Fruet, J. G. W. - Análise da estrutura e funcionamento de cabeceiras de drenagem : subsídios para a conservação de nascentes. Tese Doutorado Universidade Estadual de Maringá PR, 2021.

Marques de Castro, C et al - Tipologia de Processos Erosivos Canalizados e Escorregamentos – Proposta Para Avaliação de Riscos Geomorfológicos Urbanos em Barra Mansa (RJ). Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ Volume 25 / 2002.

Moura, J. R.S. et al - Geometria do relevo e estratigrafia do quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro - Médio vale do rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Geociências 21 (3): 255-265, setembro de 1991.

Ridenti Júnior, J. L. et al - Cabeceiras de drenagem, uma unidade de análise na elaboração de cartas geotécnicas. In: 2 Simposio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1996, 1996. v. 1. p. 185-194.

Santos, A. R. - Manual básico para a elaboração e uso da Carta Geotécnica. Livro. Editora Rudder. São Paulo, 2014

4.10 - ENCHENTES URBANAS: DO DIAGNÓSTICO À SOLUÇÃO

Apesar dos grandes recursos financeiros já investidos em obras e serviços de infraestrutura hidráulica, como ampliação das calhas e desassoreamento de seus grandes rios, a dura realidade vem mostrando que um enorme número de médias e grandes cidades brasileiras estão cada vez mais vulneráveis a episódios de enchentes. Há uma explicação elementar para tanto: resistindo a admitir o total fracasso do modelo até hoje adotado para o enfrentamento do problema, **todas essas cidades continuam a cometer os mesmos erros básicos que estão na origem causal das enchentes urbanas.**

Relembremos a equação básica das enchentes urbanas: **“volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão”.**

Ou seja, a cidade, por força de sua impermeabilização, perde a capacidade de reter as águas de chuva, lançando-as em grande volume e instantaneamente sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, canais, bueiros, córregos, rios – não dimensionado para tal desempenho. E aí, as enchentes. Ao menos em seu tipo mais comum.

Excessiva canalização de córregos e o enorme assoreamento de todo o sistema de drenagem por sedimentos oriundos de processos erosivos e por toda ordem de entulhos de construção civil e lixo urbano compõem fatores adicionais que contribuem para lançar as cidades a níveis críticos de dramaticidade no que se refere aos danos humanos e materiais associados aos fenômenos de enchentes. E, lamentável e inexplicavelmente, as cidades continuam a cometer todos esses erros.

Da equação hidráulica enunciada decorrem duas linhas básicas e lógicas de ação para a redução das enchentes urbanas: a primeira, voltada a **aumentar a capacidade de vazão de toda a rede de drenagem, a segunda, voltada a recuperar a capacidade da cidade reter uma boa parte de suas águas pluviais, reduzindo assim o volume dessas águas que é lançado sobre as drenagens.**

Muitas cidades, a exemplo de São Paulo, tem quase exclusivamente atuado na primeira linha básica de ação, ou seja, procurado aumentar a capacidade de vazão de córregos e rios principais através de obras e serviços de engenharia, a um custo extraordinário e com resultados altamente comprometidos pelo violento processo de assoreamento a que todo esse sistema de drenagem continua sendo submetido. Infelizmente, ainda dentro

dessa primeira linha de ação, praticamente nada se faz no que conta à indispensabilidade de atualização/readequação hidráulica da velha rede de drenagem já instalada, ou seja, canais, galerias, bueiros, etc.

Quanto à segunda linha de ação, ou seja, a recuperação da capacidade do espaço urbano em reter águas de chuva, priorizou-se a construção dos malfadados e dispendiosos piscinões, uma obra que por suas terríveis contra-indicações urbanísticas, pois que na prática constitui um verdadeiro atentado urbanístico, financeiro, sanitário e ambiental, deveria ser a última das últimas alternativas a ser pensada.

No entanto, com esse mesmo objetivo de retenção máxima de águas de chuva, e sem as contra-indicações dos piscinões, há um enorme elenco de medidas, virtuosamente utilizadas em vários países, dentro do conceito de Cidade Esponja, que sequer foram consideradas, apesar das insistentes cobranças do meio técnico: **reservatórios domésticos e empresariais para acumulação e infiltração de águas de chuva, calçadas e sarjetas drenantes, pátios e estacionamentos drenantes, valetas, trincheiras e poços drenantes, multiplicação dos bosques florestados por todo o espaço urbano, etc.** São as chamadas medidas não estruturais, que uma vez aliadas a um vigoroso combate aos processos erosivos e a uma radical coibição do lançamento irregular de lixo urbano e entulho da construção civil, constituem providência indispensável para o sucesso de qualquer programa de combate às enchentes. E mesmo que isoladamente não suficientes para a eliminação total do problema, terão a propriedade de reduzir drasticamente a quantidade, as dimensões e os custos das medidas estruturais de aumento de vazão que ainda se façam necessárias. Claro, além de alimentar o tão combatido lençol freático dos espaços urbanos.

No caso dos bosques florestados, nossos “piscinões verdes”, um dos melhores expedientes para a retenção de águas de chuva na área urbana, essa retenção também não se dá por uma imediata infiltração, mas pelo encharcamento de todo o corpo florestal: copas, galharia, epífitas, lianas, serapilheira e o horizonte A orgânico do solo (esse extremamente poroso). É dessa maneira que as florestas conseguem reter de imediato até 85% das águas de um episódio pluviométrico significativo.



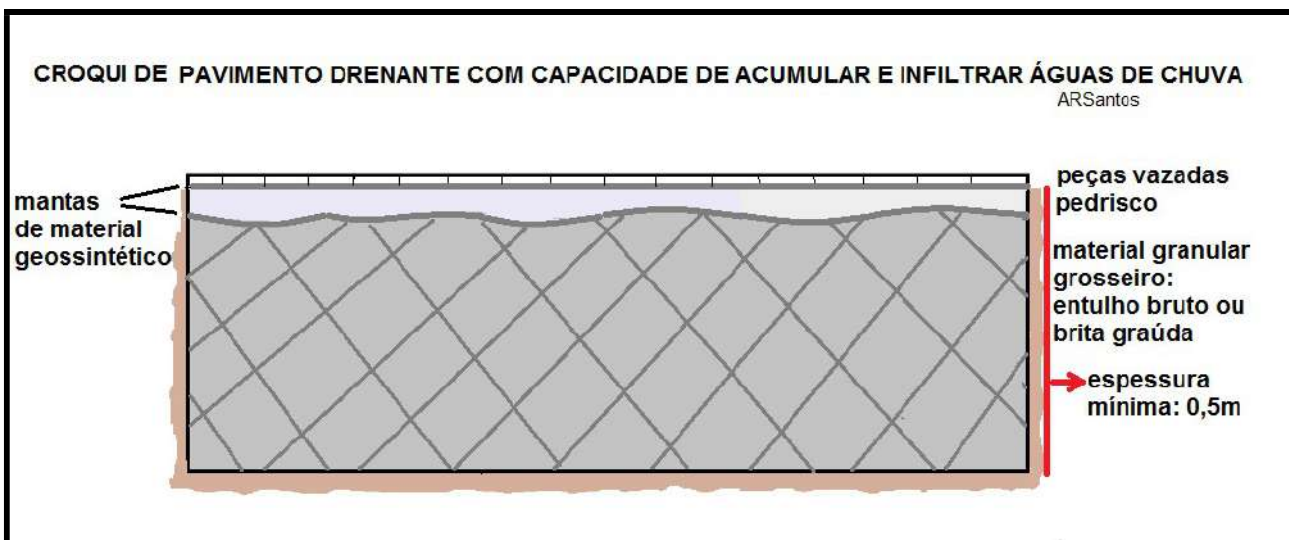
*

A cultura urbanística da impermeabilização

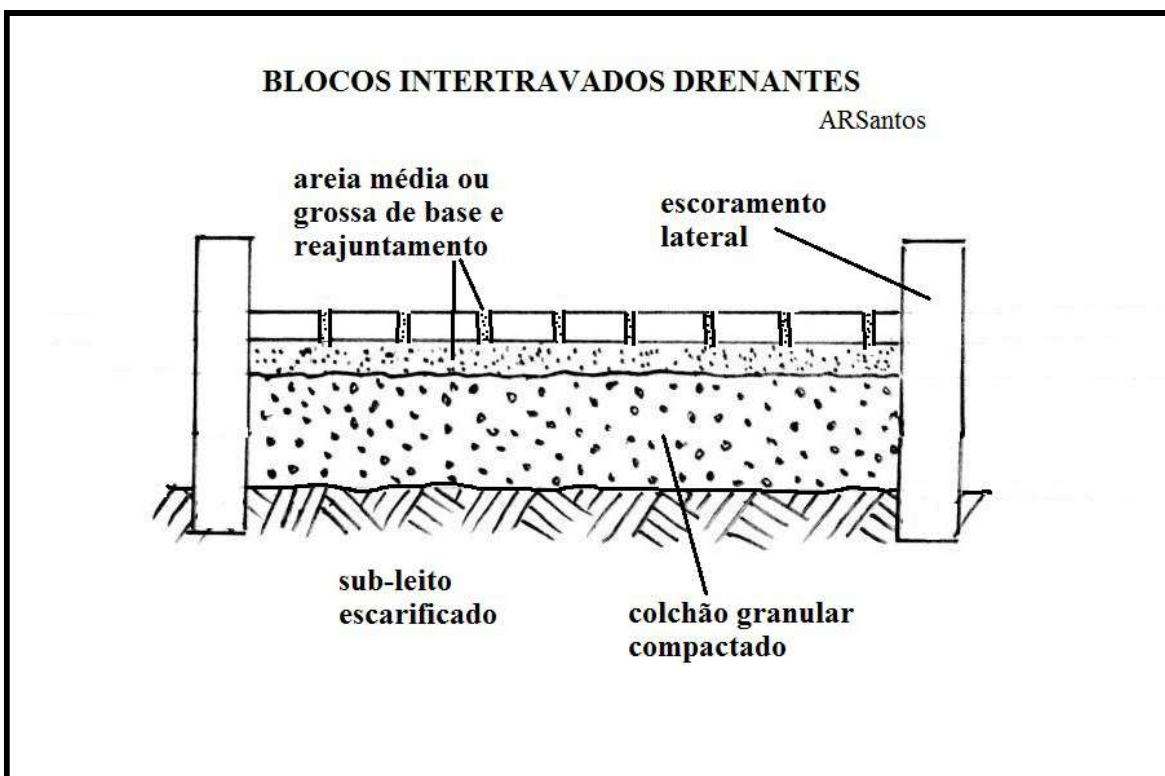


A cultura urbana da erosão e do assoreamento

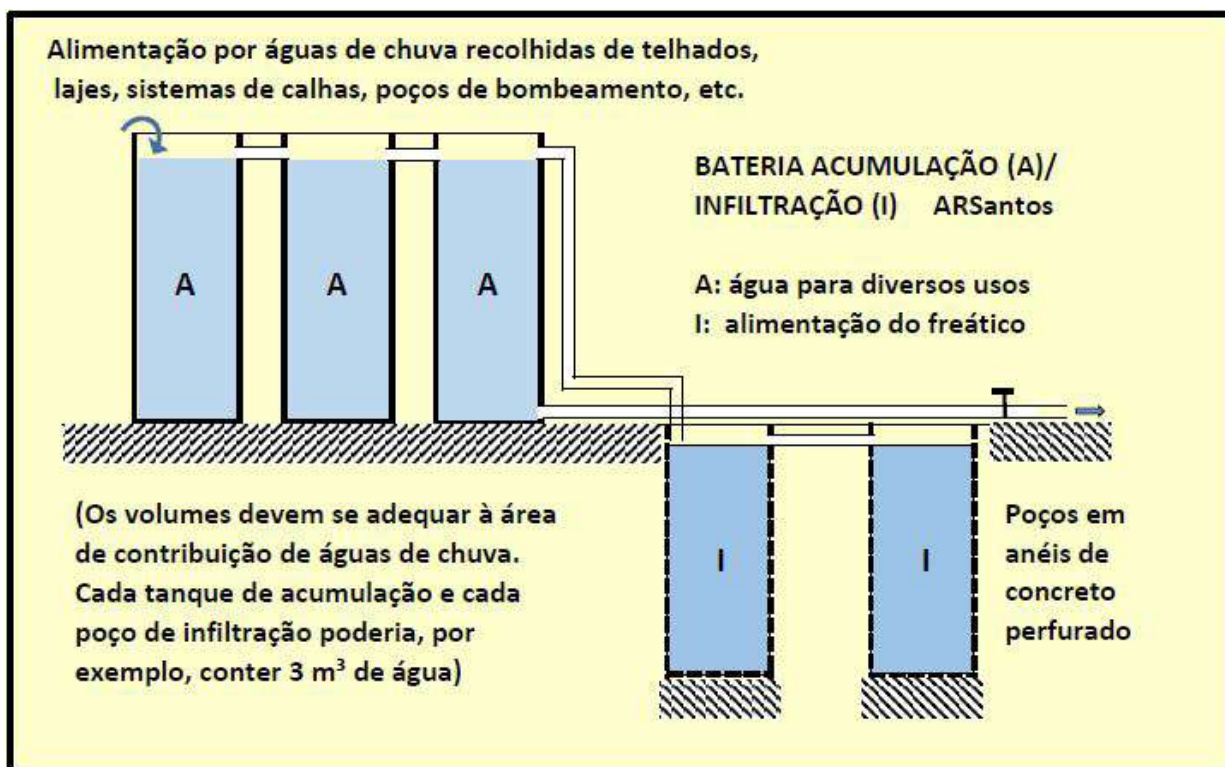




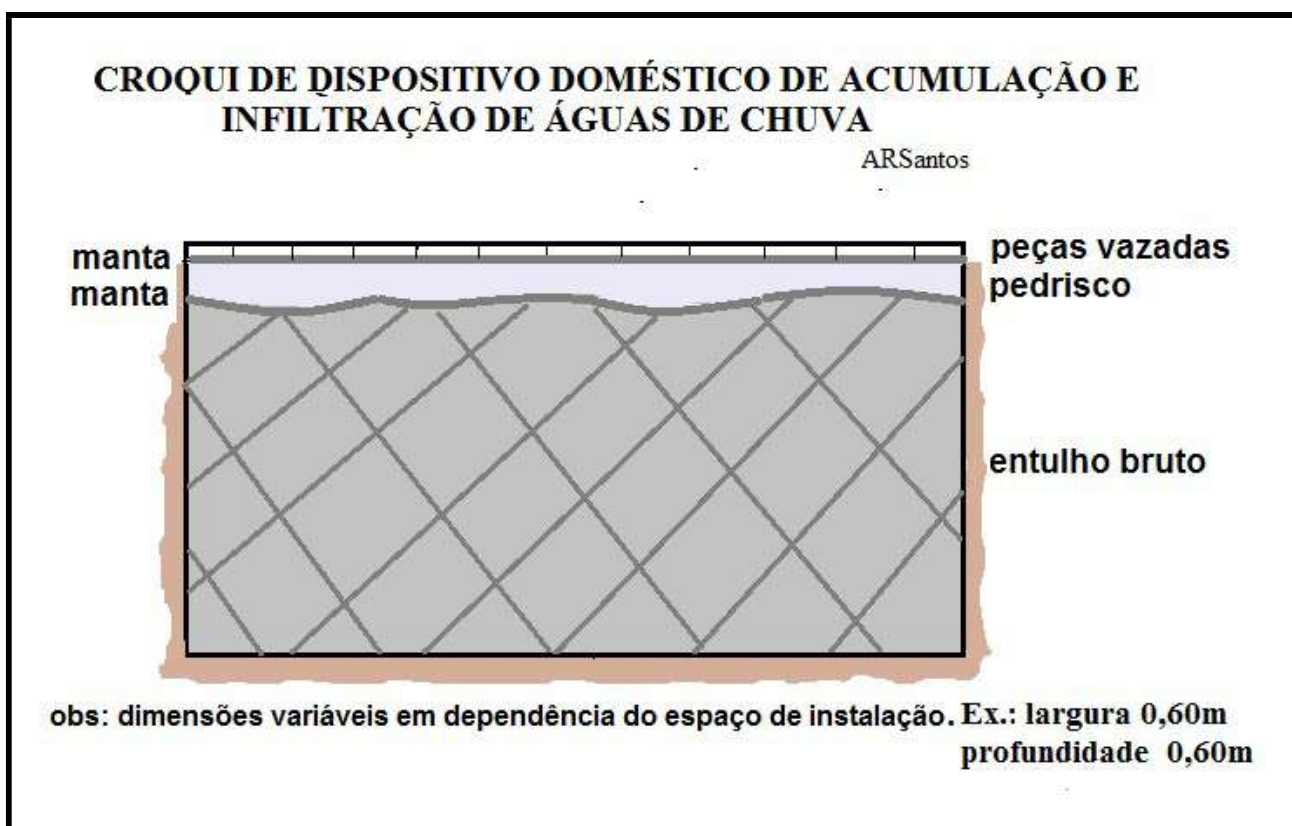
Exemplo de concepção de pavimentos drenantes com capacidade de acumulação e infiltração de águas de chuva adequados para pisos de estacionamentos, pátios e demais espaços públicos ou privados a céu aberto



Blocos intertravados, um dos muitos tipos hoje disponíveis de pisos drenantes



Sistema conjugado de caixas de acumulação e poços de infiltração. Ideal para grandes empreendimentos



Dispositivo de acumulação/infiltração de águas de chuva, indicado para lotes de até 500m² e em especial para quintais com cobertura de pisos



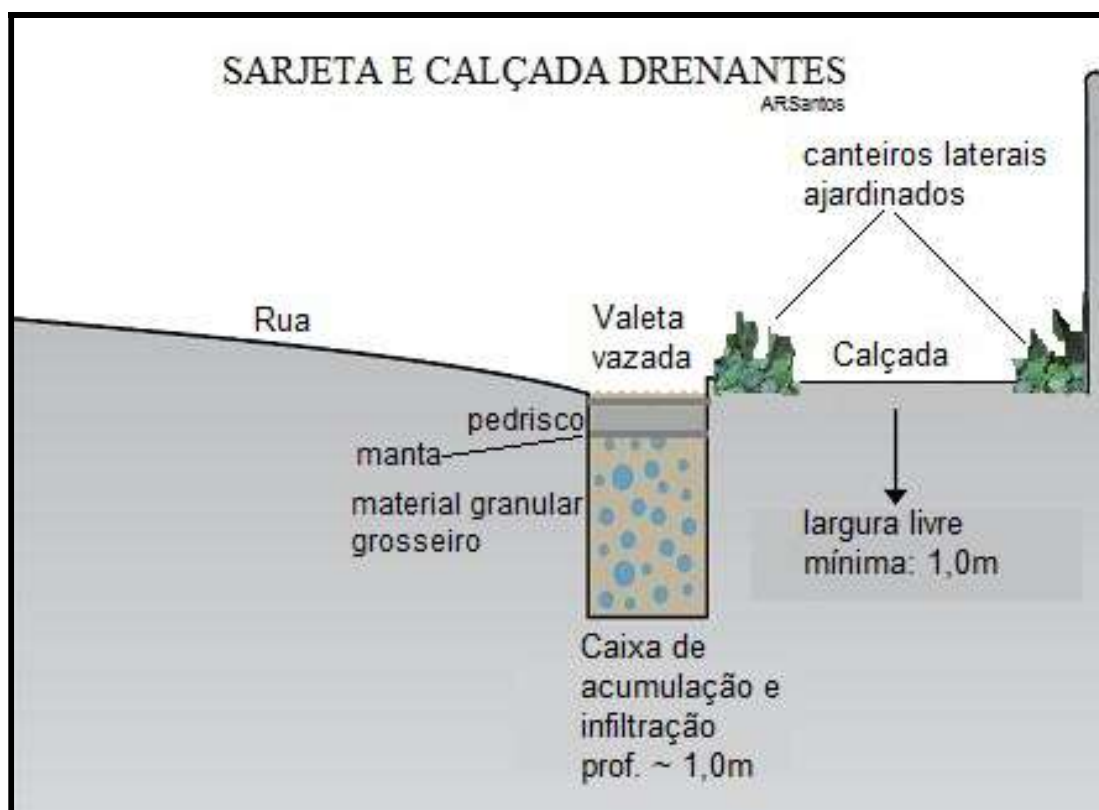
Foto de um dispositivo doméstico de acumulação/infiltração já instalado em plena operação



Dispositivo para acumulação e uso de águas de chuva através de recolhimento das águas pluviais incidentes sobre o telhado



Uma outra instalação para acumulação e uso de águas de chuva incidentes sobre telhados



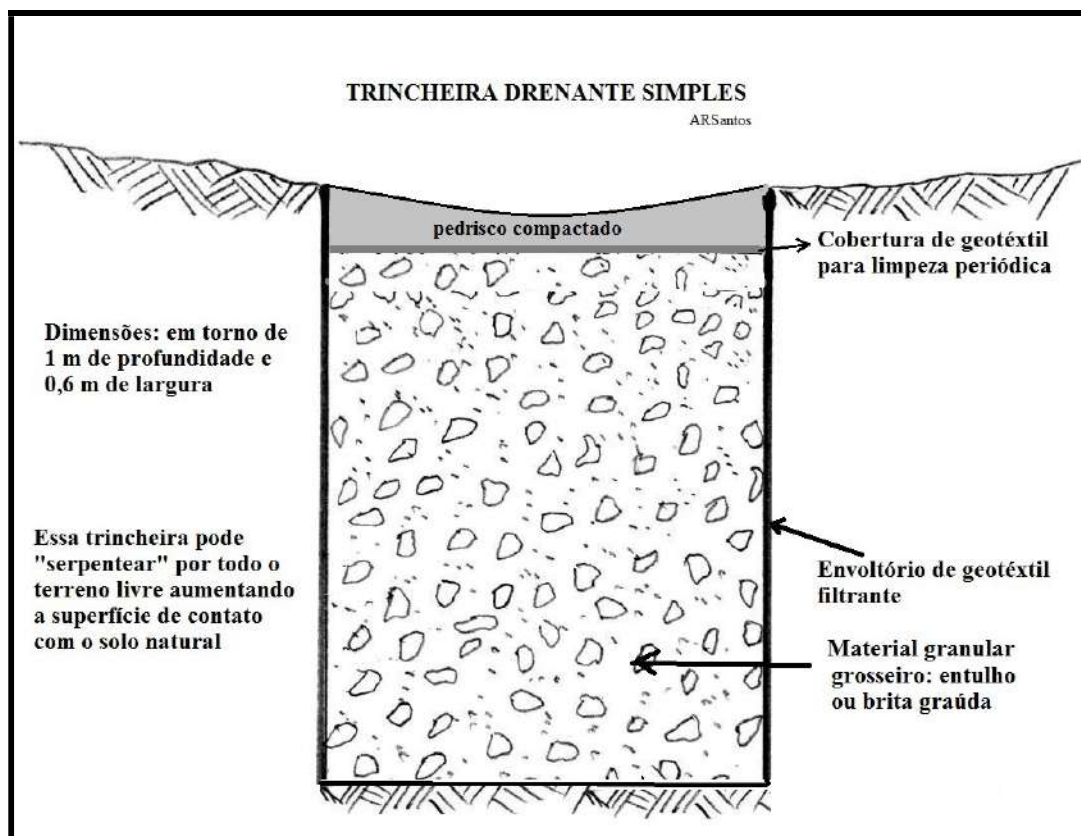
Croqui de combinação de valetas drenantes e calçadas com canteiros laterais. As águas de chuva obrigatoriamente passam pelas valetas urbanas, o que as qualifica como ótima oportunidade de acumulação e infiltração de um bom volume dessas águas.



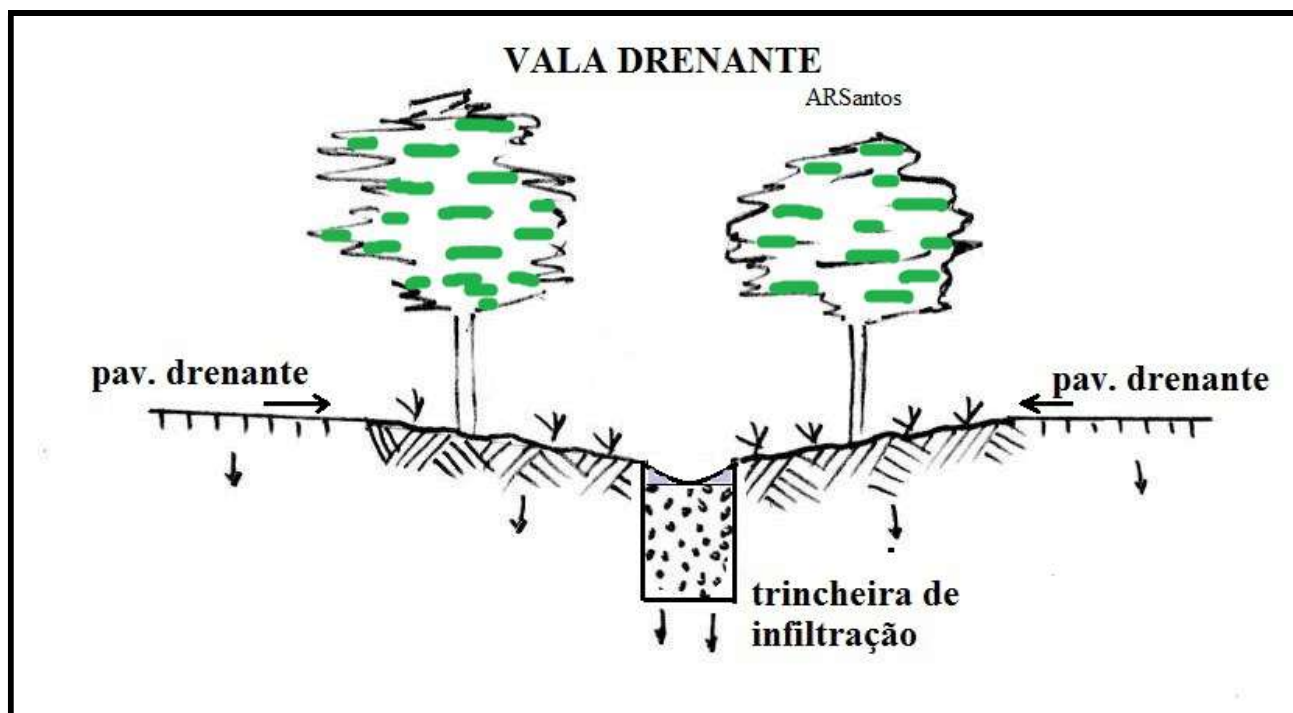
Cena real com valeta e calçada totalmente impermeáveis



Exemplo do que seria a combinação de valetas drenantes e calçadas ajardinadas



Esquema de trincheira drenante simples. Esse dispositivo de acumulação e infiltração pode ser utilizado nas mais diversas situações em espaços públicos e privados



Vala drenante. Dispositivo extremamente prático e eficiente para ser utilizado, por exemplo, como faixas separadoras de bolsões de estacionamento



Exemplos de bosque florestado urbano. Expediente de enorme qualificação ambiental para o aumento de retenção e infiltração de águas de chuva

4.11 - LENÇOL FREÁTICO: O MELHOR RESERVATÓRIO URBANO PARA AS ÁGUAS DE CHUVA

Os quadros de crise hídrica em várias regiões e centros urbanos do país tem virtuosamente servido a um despertar de leigos e especialistas para certos aspectos de ordem hidrológica que somente não se destacaram antes porque nessas mesmas regiões, que hoje podem estar a sofrer com a falta do recurso hídrico, predominava uma certa

cultura da bonança hídrica, no âmbito da qual era inimaginável uma circunstância de escassez grave e prolongada.

O absurdo das enormes perdas de água nas canalizações de distribuição, o enorme desperdício por parte os usuários finais, a criminosa poluição das águas urbanas, o desmatamento e a ocupação urbana generalizada de mananciais, a generalizada impermeabilização promovida pelas cidades, a perda quase total do volume hídrico de chuvas ocasionais, compõem alguns desses paradoxos e aberrações.

No caso específico do melhor aproveitamento das águas de chuva o país pode, a partir dessas constatações, dar um enorme salto de qualidade em um período de tempo razoavelmente curto, com resultado fantástico para o balanço hídrico de suas cidades. Até porque, e especialmente em épocas de crise hídrica, choca-nos testemunhar o enorme desperdício de boa água quando de chuvas torrenciais urbanas. Constitui um incrível paradoxo o fato de uma cidade em crise hídrica permitir que tal caudal de água boa se esvaia pelo sistema de drenagem sem um mínimo aproveitamento!

Precisamos distinguir nesse caso dois tipos de aproveitamento de águas de chuva: o direto e o indireto.

Sobre o armazenamento direto, não há dúvida que os reservatórios domésticos e empresariais de águas de chuva para usos mais brutos, como lavagem de pisos internos, praças, arruamentos, autos, regas de vegetação, descargas sanitárias, operações em caldeiras e processos industriais, etc. em muito aliviarão o sistema público de oferta de água tratada potável. Pode-se inclusive pensar em grandes reservatórios urbanos subterrâneos implantados em áreas urbanas circunscritas, nas quais, pelo tipo e consolidação da urbanização presente, o grau de contaminação das águas de escoamento superficial fosse mais baixo e tolerável. O piscinão do Pacaembu, na cidade de São Paulo, seria um bom exemplo. Essas águas passariam por algum mínimo tratamento local e poderiam após ser utilizadas para vários fins que não exigissem sua potabilidade.

Mas há também a excepcional e esquecida possibilidade de armazenamento indireto, ou seja, armazenamento da água de chuva devidamente infiltrada no solo e acumulada nas camadas que compõem o substrato geológico das cidades; em outras palavras a água subterrânea. É conhecida a propriedade das cidades em impermeabilizar os terrenos e impedir a retenção e a infiltração das águas de chuva, lançando-as rápida e diretamente nos sistemas de drenagem superficial, fator causal das enchentes urbanas. Em sequência, através de córregos e rios essas águas são conduzidas sem nenhum aproveitamento para fora do município. Se, através de uma série de dispositivos, como os próprios reservatórios domésticos e empresariais aliados à capacidade de infiltração, a disseminação de bosques florestados no espaço urbano, a obrigatoriedade de adoção de pisos, pavimentos e outros tantos dispositivos drenantes e infiltrantes, a cidade aumentar sua capacidade de infiltrar e reter águas de chuva estaremos não só reduzindo o risco de enchentes, como “abastecendo” o grande reservatório geológico subterrâneo com milhões de metros cúbicos de boa água; a ser retirada e aproveitada através da instalação de uma rede de poços profundos.

Nisso tudo está, obviamente, envolvida uma profunda questão de mudança cultural, capaz de se traduzir em inovadoras e revolucionárias políticas públicas de proteção, conservação e uso de recursos hídricos. Não há o que esperar, mãos à obra.

4.12 - A IDENTIFICAÇÃO DE NASCENTES EXIGE UMA ABORDAGEM GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

Introdução

Especialmente a partir da formulação e da aplicação da legislação ambiental protetora de mananciais, em especial o Código Florestal, a questão da definição teórica de uma nascente e de sua correta identificação e interpretação em campo apresentou-se como uma demanda frequente ao corpo técnico afim, geólogos, hidrogeólogos, geógrafos, hidrólogos. Percebeu-se, entretanto, que a prática profissional necessária ao cumprimento da nova responsabilidade não era para tanto exatamente suficiente e devidamente consagrada, o que tem constituído fator causal de muita controvérsia e desencontros legais a respeito.

Por seu lado, já em sua versão anterior (1965), e persistindo em sua atual versão (2012), o Código Florestal tem sido pródigo na geração de intrincados conflitos técnicos e jurídicos decorrentes dos diferentes entendimentos e tratamentos sugeridos por suas disposições sobre as nascentes. Como exemplo desses intermináveis desencontros o movimento ambientalista foi vitorioso em seu pleito pelo retorno da obrigatoriedade de delimitação de APPs – Áreas de Proteção Permanente no caso de nascentes intermitentes, pleito recentemente atendido por decisão do STF.

Essas confusões tem origem básica na insuficiência do suporte conceitual e científico com que o Código tem contado para estabelecer suas definições a respeito, valendo-se muitas vezes do acomodamento de interesses para tornar possível sua votação nos órgãos legislativos.

Conceitualmente, o que é uma nascente?

Importante de início, portanto, fixarmos algumas questões conceituais e científicas associadas à essa feição hidrogeológica conhecida como nascente.

Passo inicial está em se aceitar definitiva e oficialmente o conceito, já quase consensual, expresso no Código Florestal, que estabelece que **toda nascente corresponde a uma manifestação natural em superfície do lençol freático que dá início a um curso d'água**. Perceber então que nesse conceito estão expressas três condições para que uma surgência de água em superfície do terreno seja considerada uma nascente: ser natural, ser uma manifestação do lençol freático e gerar um curso d'água.

Cumprindo importante função no ciclo hidrológico, colaboram, assim, as nascentes, para a alimentação da rede hidrográfica de superfície. Mas sempre será importante lembrar que a principal contribuição do lençol freático para os cursos d'água não se dá através de eventuais nascentes existentes nas vertentes, mas sim pelas situações em que esses cursos correspondem ao nível hidrológico de base de uma região, e como tal correm sobre a superfície do próprio freático. Em outras palavras “lambem” o freático.

Quanto à sua disposição no terreno, faz-se distinção entre uma nascente **pontual**, quando a surgência de água se dá de forma concentrada, e uma nascente **difusa**, quando vários são os pontos de surgência, como no caso das veredas dos cerrados brasileiros. As nascentes e os olhos d'água caracterizam-se ainda quanto à continuidade de seu fluxo, como **perenes** ou **intermitentes** (ou temporárias). Sendo que as intermitentes seriam aquelas de caráter sazonal, que mantém-se ativas somente durante e logo após o período mais chuvoso.



Nascente intermitente em cabeceira de drenagem desmatada e sob erosão. Serra catarinense. (Foto Antonio S. da Silva)

Sobre a incidência da obrigatoriedade de delimitação de APPs, registre-se que o novo Código Florestal promove uma distinção pouco clara entre **nascente** e **olho d'água**, o que impõe cuidados especiais na caracterização dessas feições em campo para uma correta aplicação das disposições de proteção ambiental definidas pelo Código:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

XVII - nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água;

XVIII – olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente.

A seguir o Código determina:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

Estes conceitos e determinações legais permitem interpretar que o atual Código distingue nascente de olho d'água pelo fato desse, o olho d'água, ser uma surgência do lençol freático que não gera um curso d'água.

Mas, importante notar, ambos devem corresponder a afloramentos naturais do lençol freático.

Analisando-se a nova lei em sua versão original ficariam fora da obrigação de delimitação de APPs as nascentes e olhos d'água não perenes, ou seja, intermitentes, uma novidade em relação ao Código anterior. Porém, em decisão recente o STF – Supremo Tribunal Federal, ainda não regulamentada pelo Senado Federal, estendeu a obrigatoriedade de delimitação de APPs – Áreas de Preservação Permanente também para as nascentes e olhos d'água de caráter intermitente, **conservando, no entanto, a**

condição de configurarem manifestações naturais em superfície do lençol freático e, especificamente no caso das nascentes, gerarem um curso d'água.

Como distinguir uma nascente

Enfim, consideradas todas as questões conceituais envolvidas, e que serão discutidas a seguir, resta para os profissionais da área o grande desafio técnico prático de, quando chamados a decidir sobre o caráter da presença de água livre ou de umedecimento na superfície de algum terreno, diagnosticar corretamente se essa água corresponde a uma nascente, ou seja, a uma manifestação natural da água subterrânea em superfície, ou não, e de perfeitamente caracterizá-la quanto à sua diversificada tipologia. Bom reconhecer que essa não é uma tarefa simples, que prescinda de conhecimentos teóricos e práticos sobre o tema e de uma necessária abordagem interdisciplinar.

Sobre essa dificuldade, vale a pena chamar a atenção, a título de exemplos, para duas situações que normalmente confundem os observadores e os têm muitas vezes levado a equivocadamente as caracterizar como nascentes, com decorrente aplicação das disposições legais de uma APP. A primeira refere-se a terrenos localmente de topografia plana ou bastante suave, com dificuldade natural de escoamento superficial de águas de chuva. Há nessas situações a possibilidade de, ao longo do tempo, formação de camada sub-superficial de argilas hidromórficas que, por sua grande impermeabilidade, dificultam a infiltração e proporcionam a sustentação de uma camada superficial saturada ou úmida, especialmente em períodos chuvosos. São situações que sugerem, erroneamente, uma classificação como nascente difusa. Um outro caso controverso diz respeito a olhos d'água intermitentes originados de águas de infiltração que, ao atravessar a zona superior do solo (zona de aeração) encontram obstáculos com menor permeabilidade ou mesmo impermeáveis, decorrentes da existência de variações geológicas internas horizontais ou sub-horizontais (uma lente argilosa, crostas limoníticas, algum tipo de estrutura geológica, por exemplo). Nessas condições, e em dependência de feições topográficas de relevo, essas águas de infiltração podem resultar na formação de “lençóis suspensos” ou “empoleirados” e acabam aflorando à superfície de um terreno declivoso antes de atingir o lençol freático propriamente dito. Uma situação que, pelas definições conceituais estabelecidas, também não pode ser caracterizada como uma nascente, ainda que sugira cuidados especiais de proteção e até uma opcional demarcação de APP.

Em algumas situações será a paisagem geomorfológica de uma área considerada que poderá auxiliar a determinação de uma nascente ou de um olho d'água. Exemplo, impossível haver nascentes em morros isolados ou trechos de espigões de baixa ou média altura com cumeeira pronunciada e vertentes de alta inclinação, ou seja, sem um platô superior pronunciado de topografia mais suave que cumpra as funções de áreas de recarga e alimentação suficientes para permitir a sustentação de um lençol freático em cotas mais altas.

Um outro importante aspecto a se considerar é o desaparecimento de antigas nascentes, ou seu deslocamento para jusante, derivados de rebaixamentos do lençol freático decorrentes da redução do volume pluvial infiltrado e aumento do escoamento superficial, decorrências naturais e comuns de ações humanas no meio rural e no meio urbano.

De outra parte é provável haver ou ao menos ter havido nascente em feições típicas de cabeceiras de drenagem pronunciadas (grotas).

Em conclusão, percebe-se do quadro descrito que a melhor e indispensável ferramenta para o exame de nascentes é o bom conhecimento teórico e prático da geologia, da

geomorfologia, da hidrologia e da hidrogeologia da região investigada, assim como do histórico das intervenções humanas regionais.

Natureza das nascentes

De outra parte, faz-se necessário acrescentarmos mais alguns elementos a esse exercício analítico, e sublinhar, por sua importância na matéria, o seguinte entendimento hidrogeológico: **todas nascentes e olhos d'água representam sangramentos naturais do lençol freático, ou seja, constituem pontos de rebaixamento do nível freático.**

Considerando a referida relação das nascentes com o nível freático, e tendo em conta que seria raro e incomum o fato de ser interessante para o Homem e para o Meio Ambiente um rebaixamento do nível do lençol freático, é hoje de suma importância que se traga em consideração um outro fator de enorme relevância: a natureza das nascentes ou olhos d'água, o que, no caso sugere distingui-los enquanto de **origem natural** ou de **origem antrópica**; ou seja, nesse último caso, aquelas surgências do lençol freático que tenham sido originadas de ações diretas ou indiretas do homem. Aliás, distinção expressa pelo próprio Código Florestal.

Tomemos o exemplo da bossoroca, que se trata de uma ravina de erosão profunda que atingiu o lençol freático, e tem sua evolução remontante a ele associada. Pois bem, as bossorocas – terríveis feições erosivas responsáveis por graves problemas urbanos e rurais, incluindo o assoreamento de drenagens - tem essencialmente origem antrópica, ou por desorganização/concentração de drenagens superficiais, ou por desmatamento generalizado... A nascente produzida por uma bossoroca implica o sangramento do lençol freático e seu respectivo rebaixamento em sua área próxima. O que se dirá de um campo de bossorocas.

Um outro exemplo de uma nascente antrópica: uma escavação vinculada a uma atividade de mineração, ou a uma terraplenagem para instalação de uma obra civil, ou a uma simples área de empréstimo, muitas vezes atinge o nível freático, o que implica a instalação de uma surgência não natural do freático. Tem essa a mesma decorrência negativa e problemática de rebaixamento do lençol freático próximo. Em áreas urbanas e peri-urbanas essas surgências induzidas, além de graves problemas geotécnicos associados, acabam por retirar uma considerável quantidade das reservas estratégicas de água subterrânea de ótima qualidade e lançá-las desperdiçadamente logo à frente em um córrego de águas poluídas.

Ou seja, não faz o menor sentido o entendimento que leve a considerar nascentes ou olhos d'água de origem antrópica como feições hidrogeológicas a serem conservadas e protegidas por APPs. Pelo contrário, muito mais interessante para a sociedade e para o meio ambiente seria uma decisão de proteção das águas subterrâneas, a ser obtida ou por ações de tamponamento dessas nascentes, reconformando no que for possível a topografia original do terreno para o caso das bossorocas e escavações a céu aberto, ou pela completa impermeabilização/estaqueamento de escavações profundas, como no caso de pisos de subsolos de edificações urbanas, túneis e demais obras subterrâneas. Nas duas situações fazendo com que o lençol freático local retorne à sua posição e volumes naturais.

Sobre as nascentes intermitentes

Voltando à questão temporal, e mais especificamente, às nascentes intermitentes. Apesar do caso já ter sido definido pela decisão do STF referida anteriormente, a bem da verdade não há coerência em pretender-se estabelecer uma regra comum a todas as situações para se decidir se esse tipo de nascente deva ou não implicar a obrigatoriedade de delimitação de uma APP. Há no caso que se ter em conta,

primeiramente, a localização geográfica/fisiográfica da nascente intermitente considerada, o que vai determinar o grau de sua importância social e ambiental. Exemplificando, uma condição é avaliarmos o papel de uma nascente intermitente na Amazônia ou no Sul-sudeste pluvioso, onde não expressam contribuição notável aos recursos hídricos de superfície ou ao abastecimento humano, outra condição é avaliarmos essa nascente em um clima semi-árido, onde, apesar de sua intermitência, pode representar recurso hídrico inestimável às necessidades humanas por sua capacidade de alimentar sistemas construídos de reserva hídrica duradoura.

Outro aspecto fundamental a ser observado é justamente a temporalidade da referida intermitência. Não há qualquer sentido social e ambiental em se determinar a interdição de aproveitamento de uma área por essa apresentar o histórico de uma nascente com intermitência da ordem de anos. Esse período longo de intermitência nem permite a configuração de nichos ecológicos associados a esse tipo de nascente. Talvez um bom parâmetro temporal para essa diferenciação seja o intervalo de 2 anos.

Por fim, há que se avaliar a natureza do meio em que estaria instalada nossa nascente intermitente. Meio rural ou espaço urbano? Esses ambientes são tão diversos em suas características, funções e demandas que, na verdade, estão a sugerir há muito tempo a necessidade de formulação de um Código Florestal específico para as cidades. Mas enquanto a inteligência brasileira não nos provê essa virtuosa providência, fiquemos no contexto do atual e generalizante Código. Pelo que, diante das necessidades urbanas típicas, também carece de sentido imobilizar uma área, pela adoção de uma APP a ela associada, pelo fato de haver testemunhos que ali esteja instalada uma nascente intermitente com período de intermitência, por exemplo, superior a 1 (um) ano.

A importância da bacia de contribuição

Cumpra chamar a atenção para um fator hidrogeológico importantíssimo: a dinâmica de uma nascente não está associada restritamente ao que possa acontecer no círculo de 50 metros definido por sua APP correspondente. Essa dinâmica está associada a toda a bacia de contribuição a que a nascente está vinculada. Ou seja, uma política de proteção de nascentes envolveria até mais essencialmente do que uma providencial delimitação de uma APP em seu entorno, um amplo programa de gestão hídrica de sub-bacias hidrográficas voltado à recuperação da capacidade de infiltração de águas de chuva em toda a bacia de contribuição, para tanto se valendo, no caso rural, de técnicas corretas de manejo agrícola-hidrológico, como terraceamentos, plantio direto, reservatórios de infiltração, etc.

Algumas sugestões para o aperfeiçoamento da legislação ambiental

De todos esses aspectos considerados, talvez se possa ter como diretriz de melhor bom senso e conteúdo científico as seguintes novas orientações a serem adotadas futuramente e explicitadas claramente pelo Código Florestal:

- surgências do lençol freático originadas de ações antrópicas não devem ser consideradas nascentes a serem protegidas, mesmo atendendo as condições de perenidade. A melhor indicação no caso estaria na estratégia de proteção dos aquíferos subterrâneos com o tamponamento das referidas surgências;
- nascentes intermitentes poderiam vir a ser objeto de delimitação de APPs correspondentes quando situadas em regiões de clima semi-árido e com período de intermitência inferior a 2 (dois) anos; nos demais domínios morfoclimáticos do país as nascentes intermitentes deverão ser objeto de delimitação de APPs correspondentes caso apresentem período de intermitência inferior a 1 (um) ano;

- nascentes intermitentes situadas em espaço urbano deveriam ser objeto de delimitação de APP correspondente caso apresentem período de intermitência inferior a 1 (um) ano, adotando como área protegida círculo de 20 metros de raio.

4.13 - CUIDADOS NO ATERRAMENTO DE CABECEIRAS DE DRENAGEM

Introdução

Graves problemas de ordem geotécnica tem sido recorrentes em terraplenagens voltadas à conformação de grandes platôs corte/aterro, especialmente quando executadas em relevos mais acidentados como regiões de morrarias ou mar de morros. Esses problemas, comuns, por exemplo, na instalação de galpões logísticos, tem sido quase sempre associados à falta de cuidados especiais em aterramentos de cabeceiras de drenagem.

Cabeceiras de drenagem (que em dependência de sua dimensão são popularmente chamadas de grotas) são feições de relevo em forma aproximada de ferradura, morfologicamente côncavas, paredes mais íngremes em sua parte superior, que tem ou tiveram sua evolução intimamente associada à ação e concentração de águas superficiais e subterrâneas.

Pode-se dizer que as cabeceiras de drenagem constituem uma das feições mais ativas de evolução do relevo ao longo do tempo geológico, do que decorre a natural necessidade de atenção e cuidados especiais na forma como devem ser consideradas em obras de engenharia. Infelizmente, a ausência de uma cultura técnica mais consolidada no trato dessas feições de relevo tem implicado em elevado número de intercorrências e acidentes técnicos de graves consequências.



Cabeceira de drenagem típica na região de morraria e mar de morros do Planalto Atlântico paulista

Cabeceiras de drenagem ativas

As cabeceiras de drenagem tipo “grotas” **ativas**, isso é, que abrigam uma ou mais nascentes perenes ou intermitentes, além de sua proteção legal com a delimitação de APPs, devem, por seu natural dinamismo geomorfológico, sua natural instabilidade geotécnica e por sua relevância hidrológica e ambiental, ser terminantemente vedadas à urbanização ou qualquer outro tipo de intervenção humana, do que se ressalta a importância de sua correta caracterização morfológica em campo e de seu registro cartográfico.

Seja no âmbito de políticas públicas de gestão de riscos geológicos, seja no âmbito de políticas de proteção ambiental e gestão de mananciais hídricos, o melhor destino para as grotas ativas está em sua transformação em parques florestados protegidos e entregues ao lazer e atividades de educação da população.



Grota urbanizada onde ocorreram deslizamentos que causaram várias vítimas fatais

Cabeceiras de drenagem secas

Já as cabeceiras de drenagem ou grotas **secas**, ou seja, que não mais apresentam exposições naturais do lençol freático em superfície (nascentes), podem ser urbanizadas ou sujeitas a algum tipo de intervenção humana, porém desde que adotados cuidados especiais com sua ocupação in natura ou com seu aterramento, pois dada sua dinâmica formacional apresentam características geológicas-hidrológicas-geotécnicas que, se não tidas em conta, poderão acarretar graves problemas de estabilidade para as obras implantadas.

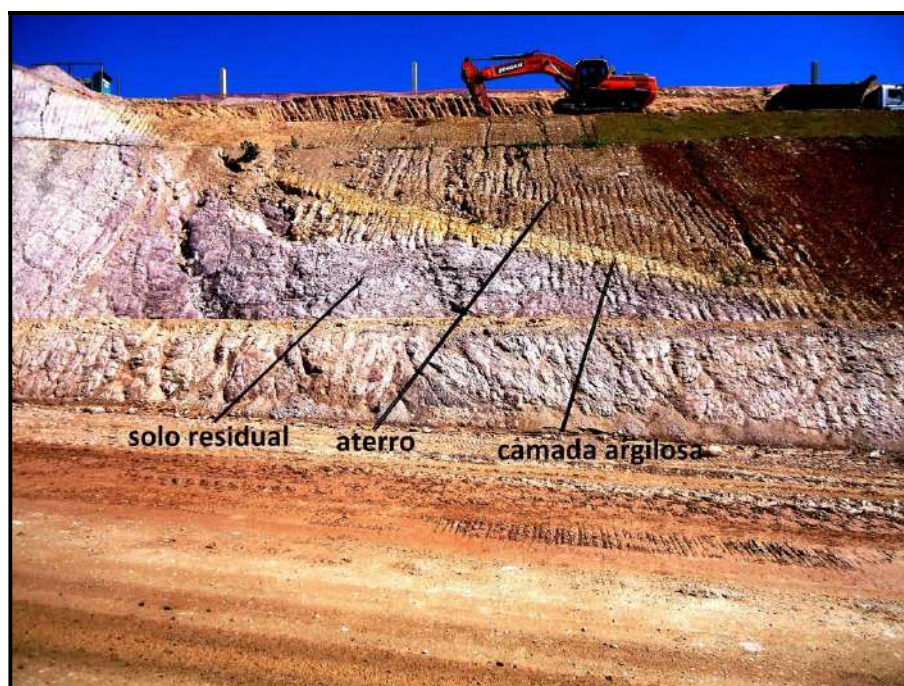


Profusão de cabeceiras de drenagem em relevo de mar de morros.

Características geotécnicas da cabeceira de drenagem seca

Cabeceiras de drenagem secas, ou seja, sem nascentes naturais ativas, mas que no passado constituíram, ou ainda constituem no presente, um ambiente úmido, propiciam a formação de um horizonte superficial de solo bastante argiloso de baixa permeabilidade, com espessura média de 0,5m a 1,5m.

Caso um aterramento desconsidere essa condição estabelece-se um diferencial de permeabilidade entre o aterro (mais permeável) e o solo natural superficial sobre o qual é posto (menos permeável), o que irá dificultar o fluxo natural das águas pluviais infiltrantes em direção ao lençol freático. De tal forma que em episódios de alta pluviosidade abre-se a possibilidade do encharcamento, ainda que temporário, da base do aterro em sua interface com o solo natural. Essa condição, aliada à própria morfologia da cabeceira, pode precipitar graves movimentações do terreno.



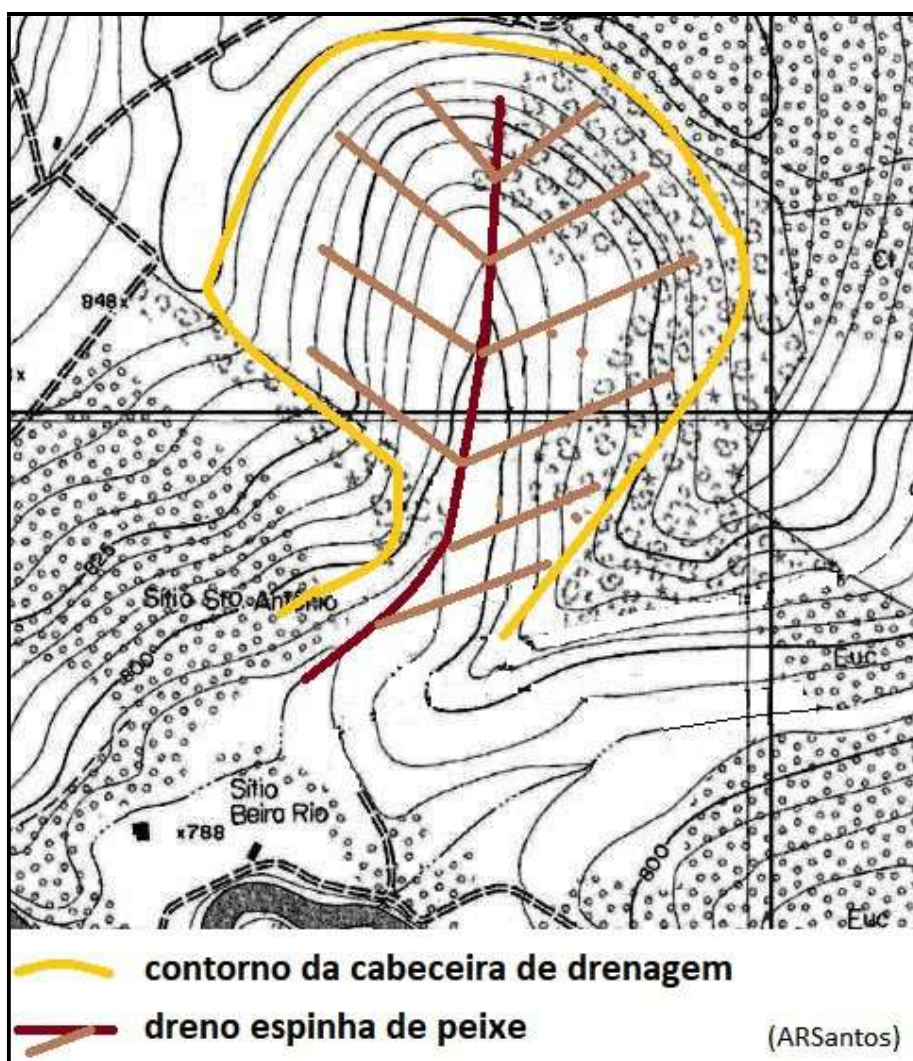
Corte em cabeceira de drenagem aterrada mostrando o aterro assentado sobre a camada superficial argilosa de baixa permeabilidade

Soluções a serem adotadas

Para evitar-se que a referida diferença de permeabilidade entre o corpo do aterro e o solo superficial da cabeceira possa promover a possibilidade de encharcamento da base do aterro, deve-se adotar uma das seguintes alternativas: retirar a camada de solo superficial de baixa permeabilidade ou executar um sistema de drenagem “**espinha de peixe**” sobre a superfície natural da cabeceira de drenagem.

Por sua funcionalidade e praticidade executiva, exigindo apenas o preparo do terreno com a retirada da vegetação (com destocamento), a solução em dreno “**espinha de peixe**” apresenta-se como a solução mais confortável do ponto de vista técnico.

A seguir são apresentados dois exemplos de cabeceiras de drenagem secas com a aplicação do sistema de drenagem “**espinha de peixe**”. Notar que os eixos principais de drenagem devem se desenvolver ao longo dos talvegues de todas as eventuais ramificações de drenagem presentes na cabeceira.

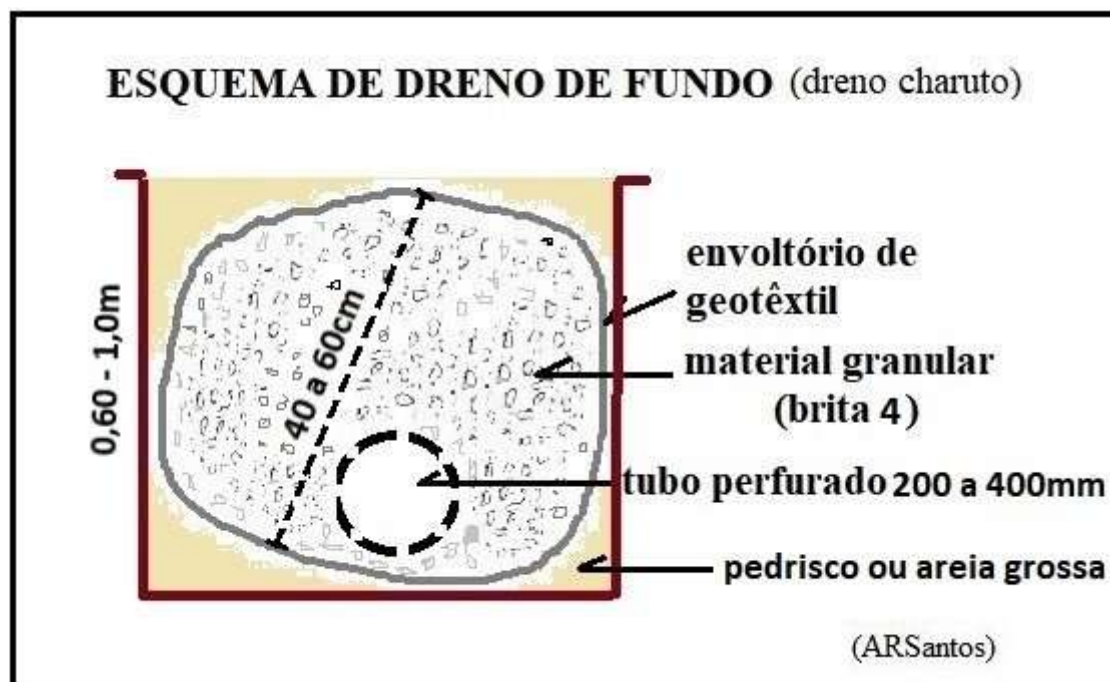




O dreno deve ser assentado em uma valeta rasa (0,60 a 1,00m de profundidade), com os eixos principais, aqueles que se desenvolvem ao longo dos talvegues, dotados de drenos de maior capacidade de vazão, de acordo com o croqui executivo a seguir.

Basicamente o dreno constitui-se de um corpo de material granular (brita 4) envelopado por manta de geotêxtil de alta durabilidade e resistência. Na parte inferior é instalado um tubo perfurado de concreto ou plástico também de alta resistência e durabilidade.

Na sequência executiva abre-se a valeta, compõe-se um primeiro berço raso (~10,0cm) de pedrisco ou areia grossa, estende-se a manta geotêxtil (em largura calculada suficiente) ao longo da valeta, assenta-se o tubo perfurado, completa-se o enchimento com brita de toda a valeta e procede-se o envelopamento com a manta. Por sua conformação final esse tipo de dreno é popularmente conhecido como “dreno charuto”.



Finalmente, cuidado especial deverá ser adotado no início da compactação do aterro de preenchimento da cabeceira, de forma a impedir que a movimentação do maquinário pesado possa provocar o rompimento ou o comprometimento de drenos.

4.14 - OU O BRASIL ACABA COM AS BOSSOROCAS OU AS BOSSOROCAS ACABAM COM O BRASIL

Bossorocas que ameaçam cidades vem ocupando nos últimos tempos bom espaço em nossas diversas mídias. Mas não é um assunto novo, infelizmente é uma velha desgraça que, por culpa da inação de nossas administrações públicas, vem desde há muito assolando e gerando prejuízos imensos à economia e à sociedade brasileiras.

Dos processos erosivos que assolam o país em suas áreas rurais e urbanas, a bossoroca é sem dúvida o de maior energia destrutiva. Por essa característica atraiu a atenção de muitos pesquisadores e estudiosos dos campos da geologia, da geotecnia e da agronomia, pelo que o fenômeno foi, já há décadas, muito bem estudado, tanto em suas causas como nas medidas e serviços para sua prevenção e para sua estabilização. Infelizmente, como acontece com muitas outras situações, o desenvolvimento técnico verificado não foi suficiente para que medidas de gestão territorial e medidas localizadas de engenharia geotécnica ou manejo de solos fossem largamente adotadas, o que teria já aliviado o país de boa parte dos enormes prejuízos sociais e econômicos decorrentes desses processos erosivos.

Ao longo da história geológica do planeta, a erosão constituiu-se no principal processo de modelamento de sua superfície. As grandes bacias sedimentares, a forma das montanhas, dos planaltos e das planícies estão associadas de alguma forma a processos erosivos. A imagem forte e conhecida do Grand Canyon expressa a dimensão e a dinâmica reais de um processo erosivo natural em plena atividade.

Em termos gerais uma erosão se dá fundamentalmente pela combinação sequencial das ações de remoção e transporte de partículas de solo por agentes naturais, como o vento e a água. Como uma de suas decorrências, há ao final também a ação de deposição (assoreamento de cursos d'água, baixadas, lagos) do material removido e transportado.

O ápice de ação dos processos erosivos naturais sempre esteve associado a fases geológicas em que os solos superficiais se apresentavam desprotegidos, normalmente como consequência de variações climáticas que implicavam na eliminação ou drástica redução das coberturas vegetais.

Há dois “selos” naturais que protegem os solos da erosão: a cobertura vegetal e a camada superficial dos solos. A cobertura florestal tem um fantástico poder agregador das partículas do solo e de defesa direta da ação das águas superficiais. Quanto à camada superficial dos solos (no meio tropical, algo em torno de 1 a 3 metros; o horizonte B agrônomo), são mais coesivas, menos susceptíveis, portanto, aos agentes erosivos, fato explicado pela maior decomposição mineralógica (produção de minerais argilosos) e pelos fenômenos de laterização e pedogênese. Através da Agricultura e da Urbanização o Homem sistematicamente elimina esses dois agentes naturais protetores. Como desgrazadamente não adota, em contrapartida, técnicas que evitem e/ou controlem a ação direta dos agentes erosivos sobre os terrenos, o Homem tem se constituído no principal fator causal dos gigantescos e catastróficos processos erosivos que acontecem hoje em todo o mundo, especialmente incidentes nos países em desenvolvimento, onde se dá uma permanente expansão das fronteiras agrícolas e urbanas.

No Brasil, o principal agente erosivo é a água associada a chuvas torrenciais. A erosão pluvial pode ser laminar, quando não sulca os terrenos, ou linear, quando age concentradamente sobre o terreno, escavando-o em sulcos, ravinas (sulcos mais profundos) ou bossorocas.

As bossorocas são ravinas que se aprofundaram a ponto de atingir o lençol freático. Quando o lençol freático é atingido há uma combinação potencializada entre a erosão pluvial superficial e o solapamento dos taludes provocados pelo encharcamento da base e fenômenos de “piping”, quando a saída da água subterrânea traz consigo grãos do próprio solo, processo que provoca o contínuo descalçamento dos horizontes superiores. As bossorocas evoluem remontanamente com energia e velocidade muito grandes, podendo alcançar profundidades de várias dezenas de metros e larguras de até centena de metros. Zonas rurais e cidades brasileiras que, adicionalmente, assentam-se sobre solos mais arenosos, pouco argilosos, e por isso mais erodíveis, são testemunhas do enorme poder de destruição das bossorocas.

As bossorocas, por sua gênese, estão sempre associadas a alguma intervenção humana que tenha propiciado um escoamento concentrado de águas superficiais. Tanto as atividades agrícolas e pecuárias, como as expansões urbanas, como a implantação de obras de engenharia, por exemplo a rede de estradas vicinais e rurais, caso não sejam tomados os devidos cuidados técnicos, são pródigas em propiciar escoamentos concentrados de água superficial. É essa concentração de água superficial de escoamento que, lançada sobre vertentes desprotegidas vai abrir os primeiros sulcos e vai aprofundá-los até se transformarem em imensas bossorocas.

A partir do perfeito conhecimento de sua dinâmica de formação, as recomendações técnicas para que tanto no meio rural como no urbano as bossorocas sejam preventivamente evitadas e corretivamente estabilizadas surgiram com clareza e naturalidade no meio técnico. Diversas alternativas estão à disposição para que se alcancem esses objetivos; discuti-las não está nos objetivos desse artigo, mas pode-se aqui apontar uma orientação conceitual de primeira ordem: os escoamentos concentrados de água produzidos por algum tipo de ação humana, no caso da impossibilidade de evitá-los, não podem ser lançados diretamente sobre os terrenos desprotegidos. Devem ser conduzidos em estruturas construídas de alvenaria, dutos, escadas d’água, dissipadores de energia hidráulica, etc., até o curso d’água natural ou lago mais próximo, ou estruturas especiais de infiltração (o lençol freático agradece).

No caso da estabilização de uma bossoroca já desenvolvida, a primeira medida essencial está justamente em impedir que águas superficiais concentradas continuem a correr para dentro de sua “cabeceira” principal e das “cabeceiras” de suas eventuais (e comuns) ramificações. Quanto ao interior da bossoroca, a medida essencial é impedir que as águas do lençol e as águas de chuva que ainda aí incidam continuem transportando o solo para jusante. Para tanto são providenciais estruturas/barreiras transversais auto-drenantes (por exemplo, diques de gabião), quantas se fizerem necessárias, que retenham o material eventualmente transportado e permitam que a água se escoe livremente. Essas estruturas não devem ser rígidas (concreto), pois que sofrerão algum natural acomodamento e, sendo rígidas, irão sofrer danos comprometedores.

Interrompidos esses dois processos, o externo e o interno, a bossoroca tenderá a um natural processo de estabilização, que irá evoluir para a recuperação vegetal do terreno afetado. Obviamente o Homem poderá acelerar em muito essa recuperação vegetal.

Deve-se, entretanto, ter em conta que uma bossoroca “sangra” e rebaixa, ao menos localmente, o lençol freático, o que além de se constituir em um enorme desperdício da boa água subterrânea pode trazer problemas graves de ordem geotécnica. Essa condição recomenda que, sempre que possível, as bossorocas devem ser estabilizadas por preenchimento com solo ou entulhos inertes sem drenos de fundo, o que permitirá a recomposição da topografia original e a recuperação dos níveis naturais no lençol freático.

A escolha de uma forma de recuperação urbanística da bossoroca dependerá de sua profundidade e tamanho, em uma relação simples de custo-benefício. Uma bossoroca muito grande, de dezenas de metros de profundidade, com várias ramificações, sugere uma recuperação por abatimento de seus taludes naturais e por intenso florestamento, o que lhe permitiria ser transformada, no espaço urbano, em parque de lazer e esportes, por exemplo. Já, bossorocas menores, podem ser recuperadas por preenchimento, permitindo a instalação de praças públicas, parques infantis, ou equipamentos urbanísticos mais elaborados como quadras esportivas, por exemplo.

De forma alguma deve-se utilizar uma bossoroca (como infelizmente é comum se constatar) para descarte de lixo urbano ou resíduos industriais ambientalmente nocivos. Esse absurdo significa uma contaminação direta das águas superficiais e subterrâneas.

No Brasil há hoje dezenas de milhares de bossorocas ativas. Um programa de estabilização imediata e generalizada seria hoje financeiramente impraticável. Mas em termos de cuidados preventivos há todo um arsenal de medidas técnicas (rurais e urbanas) para que se interrompa a “produção” de novas bossorocas. Como também outro arsenal da mesma ordem permite a implementação de um programa de estabilização gradativa e recuperação ambiental das bossorocas já instaladas. Os custos financeiros, sociais e patrimoniais da atual inação são por demais exorbitantes para que autoridades públicas e privadas continuem a ignorar essa tragédia geológica, triste marca cultural da ocupação do território nacional.



Boçoroca em sedimentos arenosos na região de Bauru (SP). (Foto IPT)



Boçorocas com várias ramificações. Anhembi (SP). (Foto Laps)



Rupturas associados a reativamento antrópico da cabeceira de boçoroca ativa. Monte Alto (SP). (Foto IG)



Absurdo infelizmente comum: lançamento de lixo urbano em boçorocas. Contaminação direta de águas superficiais e subterrâneas. (Foto IPT)

4.15 - CALÇADA DO LORENA – HISTÓRIA E TECNOLOGIA

Desde o descobrimento do Brasil e o início da colonização de seu território sudeste, a Serra do Mar, por sua acidentada topografia, por seus abruptos desníveis entre a Baixada Marinha e o Planalto, e pela grande suscetibilidade de suas encostas a deslizamentos de solos e rochas, apresentou-se como formidável barreira à livre circulação de pessoas e mercadorias entre seu litoral portuário e o interior do país, impondo consideráveis restrições ao desenvolvimento econômico e social da região. Dadas essas características naturais da Serra, invariavelmente as estradas abertas para sua transposição enfrentaram terríveis problemas em sua construção e operação, exigindo um pesado ônus da sociedade para mantê-las, ainda que precariamente, em funcionamento.

Apenas recentemente a Engenharia Brasileira convenceu-se de que, para superar com sucesso esse desafio de ordem topográfica, geológica e geotécnica, era preciso progredir nos conhecimentos dos fenômenos e comportamentos naturais e induzidos das encostas da Serra. Essa foi uma compreensão importantíssima do problema, pois

possibilitou a migração da anterior e desastrosa postura de “vencer a Serra a qualquer custo” para uma atitude mais inteligente e superior de “conhecer e respeitar a Serra”.

Pode-se afirmar que o Novo Caminho de Cubatão, que sucedeu o famoso Caminho do Padre José, inaugurou de fato e de direito o desastroso afrontamento da Serra por uma cultura tecnológica que não possuía experiência nem conhecimentos acumulados na implantação de obras em regiões serranas tropicais, adotando uma atitude que renderia muitos e onerosos desastres no futuro de novas transposições viárias: “vencer a Serra”.

Enfim, as tentativas de transposição da Serra pelos colonizadores foram pontuadas de desastres e insucessos, como bem exemplificam as sucedâneas da pré-colonial Trilha dos Tupiniquins, a qual na verdade constituía um ramal do grande Peabiru indígena que se dirigia às terras incas da Bolívia e do Peru, como o foram o Caminho do Padre José e o Novo Caminho de Cubatão.

Um bom hiato nessa seqüência de desastres geotécnicos foi representado pela implantação da nova transposição viária Baixada–Planalto, a famosa Calçada do Lorena. Já à segunda metade do séc. XVIII uma série de fatores, mas especialmente as pressões para o estabelecimento de condições do um rápido e seguro transporte do açúcar produzido no interior paulista para os portos da Baixada, tornaram inadiável a abertura de uma nova estrada de ligação entre São Paulo e Cubatão.

Uma casualidade histórica veio permitir que essa nova estrada contasse com um suporte tecnológico de primeiríssima qualidade para a época. Bernardo José de Lorena, então governador da Capitania de São Paulo entre os anos de 1788 e 1798, teve o admirável vislumbre de trazer para a colônia um grupo de oficiais do Real Corpo de Engenheiros de Portugal que acabara de terminar seus trabalhos de reconstrução de Lisboa, parcialmente destruída pelo grande terremoto/maremoto de 1755.

Entre outras missões pela Capitania, Lorena encarregou esses oficiais, comandados pelo engenheiro militar João da Costa Ferreira, de projetar e construir a desejada nova estrada.

Foram então realizados pioneiros levantamentos cartográficos e hidrográficos na região e, após muitas avaliações das experiências anteriores, optou-se por assentar o traçado ao longo da crista de um espigão, evitando-se encostas e vales. O espigão escolhido foi o divisor de águas entre o Rio das Pedras e o Rio Perequê.

A inteligente opção de construir a estrada assentada na crista de um espigão, por constituir essa a situação de maior estabilidade geotécnica entre as diferentes morfologias de relevo da Serra do Mar, e o fato decorrente de exigir uma baixa intervenção no terreno, ou seja, poucos cortes e arrimos, possibilitaram que a Calçada de Lorena desse trânsito seguro a tropas de até 300 mulas por mais de 50 anos, com formidáveis resultados econômicos para a província.

Para uma máxima redução possível da declividade, o traçado foi desenhado em ziguezague, apresentando 180 ângulos (“cotovelos”) da base ao alto da Serra.

Como o projeto previa o transporte por tropas de mulas, foi estabelecida uma largura média de 3 metros, sendo a pista completamente calçada com grandes pedras, provavelmente trazidas de pedreiras de Santos, assentadas sobre uma camada de cerca de 10cm de saibro e pedregulhos. Revelando a excelência dos cuidados técnicos, esse calçamento foi projetado em forma de “V”, para que as águas de chuva corressem sobre as pedras sem risco de erodirem as laterais. Inaugura, assim, a Calçada do Lorena, uma nova atitude para as intervenções na Serra do Mar: entender e respeitar a Serra. Infelizmente essa atitude foi abandonada logo a seguir com as novas e mais modernas estradas de transposição, somente sendo recuperada com a filosofia de projeto adotada pela Rodovia dos Imigrantes no início dos anos 1970.

A Calçada do Lorena é iniciada em 1790 e inaugurada em 1792.



Foto da Calçada do Lorena, tirada após os serviços recentes de recuperação histórica, mostrando o calçamento em pedras e sua sábia “filosofia de projeto”, qual seja, um traçado ziguezagueando a crista de um espigão, evitando as vertentes dos vales, sabidamente mais instáveis. Notar o inteligente expediente técnico de, por geometria em “V”, fazer com que as águas escoassem pelo centro da pista, onde eram colocadas pedras maiores, para evitar a erosão nas bordas terrosas. (Foto EMAE Empresa Metropolitana de Águas e Energia)

Foi pela Calçada do Lorena que D. Pedro I subiu para São Paulo em 7 de setembro de 1822 para proclamar a independência do Brasil.

O relato do historiador Francisco Martins dos Santos revela alguns curiosos hábitos da época:

E por essa nova estrada, em que as tropas transitavam com segurança, em setembro de 1789, Lorena enviava ao Reino, de presente, uma indiazinha apanhada nos sertões de Curitiba, e alguns quadrúpedes e pássaros e várias coisas em três caixotes numerados, entre os quais iam alguns trastes que se achavam no alojamento dos gentios, e três pitos dos antigos paulistas...

O famoso naturalista francês, Auguste de Saint-Hilaire, nos relatos da viagem que empreendeu ao Brasil entre os anos de 1816 e 1822, baseando-se em Kidder e Eschwege, assim registrou suas impressões sobre a Calçada do Lorena:

Nas proximidades do Arraial de Cubatão já se começa a subir a serra. O caminho que leva ao seu cume é solidamente pavimentado, mas estreito, e embora seja todo traçado em curvas de cento e oitenta graus é de tal forma íngreme que só pode ser percorrido por pessoas a pé, cavalos e burros. Ele foi aberto numa espécie de saliência formada pela serra, e de ambos os lados um riacho se precipita numa ravina profunda. Em alguns pontos, ao olharmos para cima, os rochedos que se projetam para a frente, e sobre os quais o caminho faz mil voltas, dão-nos a

impressão de uma fortaleza ameaçadora. Olhando para baixo nossa vista se perde em um aterrador abismo... O percurso até seu topo é feito entre uma hora e meia e duas horas.

4.16 - A INCRÍVEL ODISSÉIA DA CONSTRUÇÃO DO ATERRO DE CUBATÃO

A origem de Cubatão, litoral do Estado de São Paulo, está associada a dois fatores geológicos bastante distintos. O primeiro, a enorme muralha da Serra do Mar, impondo desde os tempos coloniais imensas dificuldades para a circulação de bens e indivíduos entre o Planalto de Piratininga e o Porto de Santos, aqui incluindo os núcleos urbanos de Santos e São Vicente.

O segundo fator refere-se à dificuldade natural de, a partir do porto e dos primeiros núcleos urbanos da Baixada, atingir-se o “pé-de-serra”, dada a profusão de canais, rios, e manguezais que separam esses dois destinos.

Essa ordem de dificuldades fez com que durante todo o período colonial a ligação entre o pé-de-serra e o Porto de Santos só pudesse ser vencida através de barcos, o que envolvia pesados custos com pagamento de taxas de pedágio e aluguel de armazéns e barcos, assim como com os enormes riscos das marés, do mau tempo, do tombamento ou do encalhe das embarcações, da perda das cargas por seu afundamento ou, especialmente no caso do açúcar, por seu molhamento.

O portos de transbordo de homens e mercadorias ficavam à margem esquerda do Rio Cubatão, ao longo da qual se deslocavam de acordo com a seqüência dos diferentes caminhos que procuravam, no decorrer do tempo, melhorar as condições de subida da serra.

Foram justamente esses pequenos portos que deram origem aos primeiros núcleos urbanos mais permanentes na região, e foram esses pequenos núcleos operacionais que, com o passar dos tempos, vieram dar origem à cidade de Cubatão.

Por muito tempo, Cubatão não teve uma vida própria. Era um ponto obrigatório de passagem, apenas um local de transbordo, pagamento de taxas e registro de trânsito de homens e mercadorias, operação comercial inicialmente explorada pelos jesuítas e, após a expulsão desses de Portugal e suas colônias em 1759, pela própria Coroa ou por particulares arrendatários.

Essa função perdurou por mais de 300 anos, e só viria a se alterar com a inauguração do Aterro de Cubatão, em 1827, obra que possibilitou o transporte contínuo por terra do Porto de Santos ao pé da serra, e daí a São Paulo, sobre ombros de escravos e lombos de mulas, sem necessidade de nenhuma operação de transbordo de mercadorias.

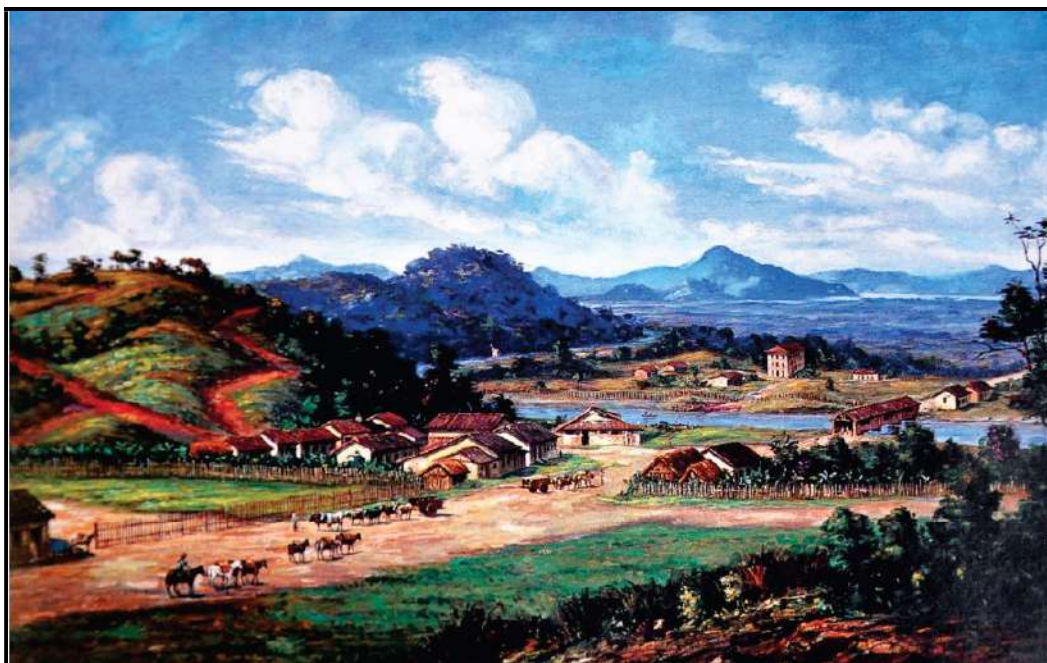
Com o grande aumento de transporte de carga, especialmente o açúcar, possibilitado pela Calçada do Lorena, inaugurada em 1792, primeira estrada calçada que proporcionou a transposição da serra com alguma segurança, Cubatão apresenta um considerável surto de desenvolvimento. Crescem enormemente o movimento e a importância do Porto Geral de Cubatão, o que incluiu a ocupação também da margem direita do Rio Cubatão por uma série de instalações e serviços como barracões, ranchos, estalagens, armazéns, oficinas de barcos, pastagens e trato de muas, etc.

A construção de um aterro e um conjunto de pequenas pontes que livrasse o transporte de mercadorias do trajeto Porto de Santos – pé-de-serra da necessidade compulsória do uso de operações de transbordo, com todos os seus custos e riscos

envolvidos, velha e insistente reivindicação dos comerciantes de São Paulo e Santos, impunha-se agora como empreendimento inadiável.

Em 1798, como fruto de uma campanha liderada pelo Capitão-general Antônio Manoel de Melo Castro e Mendonça, é iniciada a construção da tão desejada obra, abandonada logo mais à frente dadas as enormes dificuldades técnicas e financeiras envolvidas, uma vez que para a construção do aterro, sob a tecnologia da época, eram necessários cestos de terra e pedra transportados na cabeça de escravos sob as mais perigosas e insalubres condições físicas e ambientais dos mangues da Baixada. Calor úmido abafado e insuportável, mosquitos, animais peçonhentos, doenças próprias do ambiente, extenuante esforço físico, constituíram os fatores que afugentavam empregados assalariados e obrigavam que o empreendimento fosse essencialmente realizado pela mão-de-obra escrava.

Somente bem mais tarde, no ano de 1827, durante a administração de Lucas Antônio Monteiro de Barros, Presidente da Província de São Paulo, e sob o comando do notável engenheiro Daniel Pedro Muller, o Aterrado de Cubatão foi concluído, constituindo-se de 13 km de aterro e 4 pontes, coincidente hoje com o que seria o eixo longitudinal da histórica Avenida Nove de Abril na cidade de Cubatão. Uma obra extremamente penosa e tecnicamente arrojada para a tecnologia da época, paga com o altíssimo preço da vida humana de escravos e trabalhadores contratados.



Quadro de Benedito Calixto mostrando a chegada em Cubatão, a ponte coberta sobre o rio Cubatão e o início do Aterrado.

O Aterrado foi uma das primeiras grandes obras da Engenharia Viária brasileira construída sobre solos moles. No caso, essencialmente camadas de argilas marinhas e continentais subaquáticas com baixíssima capacidade de sustentação. Seguindo a tecnologia disponível na época, o Aterrado foi construído com o simples lançamento de solo e pedras providas das bordas da serra e de morros isolados. É provável que esse material de empréstimo fosse lançado sobre o terreno estivado, ou seja, coberto por paus trançados, de forma a melhor distribuir as pressões do aterro sobre os solos moles. Os serviços de reposição de material por afundamento brusco e recalques lentos do aterro, e mesmo por destruição de bordas pelas marés e rios, mostraram-se de dimensão

tão inesperada para os construtores que as lidas com a reconstrução de aterro e pontes acarretaram gastos comparáveis à própria construção da tão necessária obra. Como ordem de grandeza da dimensão do cruel e insano trabalho humano aí alocado, pode-se calcular que o Aterrado, entre construção e manutenção, tenha consumido em seus trechos do pé-de-serra até a margem esquerda do Rio Cubatão e da margem direita desse rio até proximidades do Porto de Santos, algo como 300 mil metros cúbicos de solo e pedras, o que resultaria em 10 milhões de cestos de solo e pedra individualmente carregados e lançados por ombros escravos.

Com a inauguração do Aterrado, Cubatão entra em um período de decadência pela perda de suas funções portuárias e alfandegárias. A vila ainda reteve as funções de posto de registro de mercadorias e pessoas que circulavam entre o planalto e o Porto de Santos, mantendo também as naturais instalações de um ponto de pé-de-serra, com seus armazéns, depósitos, currais e pastos para mulas, oficinas de carroções, etc. No entanto, Cubatão só vai realmente recuperar seu ímpeto de desenvolvimento nas décadas de 20 e 40 do século XX, quando da instalação da Usina hidrelétrica Henry Borden, da Companhia Santista de Papel, da construção da Via Anchieta, culminando com a instalação, já na década de 50, da Refinaria Presidente Bernardes e da siderúrgica COSIPA. Estava enfim aberta a via que conduziria Cubatão a se tornar, em pouco tempo, um dos mais importantes pólos industriais (especialmente petroquímico) do país. O Aterrado faz parte dessa história.

4.17 - ESTRADAS: A FACE OCULTA DAS “QUEDAS DE BARREIRAS”

Os enormes prejuízos econômicos e patrimoniais, as perdas de vidas humanas e os incríveis transtornos na vida de milhares de cidadãos por consequência das interrupções ou estrangulamentos de tráfego resultantes de “quedas de barreiras” em nossas estradas, têm já se tornado, desgraçadamente, fatos comuns e aguardados em nossos verões chuvosos. E, como tantas outras mazelas nacionais, destinados a ser digeridos no largo estômago brasileiro do esquecimento e da impunidade. É de extrema importância que todos nos preocupemos em não permitir que a história continue assim a ser contada.

A terminologia mais jornalística “quedas de barreiras” envolve uma gama extensa de fenômenos geológico-geotécnicos, como escorregamentos em encostas naturais, rupturas de taludes de corte, rupturas de taludes de aterros, rompimento de aterros/barragens, rompimentos de cabeceiras de obras de arte, etc. Enfim, sugere sempre a idéia de movimentos de grandes massas de terra e/ou rochas.

É preciso ressaltar que a Engenharia Geotécnica brasileira (aquela que trabalha com obras que envolvem intervenções em terrenos naturais de solos e rochas), apoiada pelas informações e conhecimentos da Geologia de Engenharia (a Geologia que trabalha junto a todas as formas de intervenção do Homem nos terrenos — como as estradas, por exemplo), tem pleno domínio tecnológico para evitar ou reduzir a riscos mínimos a ocorrência de toda essa gama de fenômenos. Onde se conclui que esses seguidos desastres vêm ocorrendo, e anualmente aumentando a incidência de sua ocorrência, devido exclusivamente à não aplicação dos referidos conhecimentos tecnológicos. A não ser que resolvamos todos entrar em crise de ingenuidade e passemos a acreditar nas manifestações dos agentes públicos e privados envolvidos nesses acidentes que, espertamente, sempre jogam sobre Deus ou sobre fatalidades da Natureza a responsabilidade pelas desgraças ocorridas.

A não aplicação dos conhecimentos técnicos já dominados pela Engenharia Geotécnica brasileira deve-se, entre outras, às seguintes situações:

- No caso de obras novas, a busca do máximo lucro possível, quando então são dispensados, ou limitados ao máximo, os estudos e diagnósticos geológico-geotécnicos necessários ao embasamento de um bom projeto para, ou irresponsavelmente jogar com a sorte, ou então comodamente adotar a solução de engenharia genérica que mais esteja em moda naquele momento, qualquer que seja o fenômeno a ser enfrentado.
- No caso de obras já antigas, o que mais comumente ocorre, geralmente por uma economia nada inteligente, é o completo abandono dos indispensáveis serviços de monitoramento e conservação das obras. Via de regra, fenômenos de “quedas de barreiras” dão “avisos” e sinais de sua provável e futura ocorrência. Esses sinais (trincas nos terrenos, rachaduras nos sistemas de drenagem, abatimentos na pista, alagamento a montante de aterros, etc.) permitiriam aos responsáveis pela obra uma eficiente atuação preventiva capaz de evitar o acidente. Como um exemplo gritante, aterros que “rodam”, levando um trecho da pista consigo, certamente têm suas galerias/bueiros de drenagem de ligação montante-jusante, ou desde o início mal dimensionadas ou mal construídas, ou progressivamente entulhadas (obstruídas) com galhos, restos vegetais, solos e pedras, perdendo então sua capacidade de vazão. Fatos perfeitamente visíveis e detectáveis pelo mais simples serviço permanente de monitoramento e conservação.
- Um outro aspecto importante está em um problemático processo de perda da competência técnica por parte de nossos órgãos públicos. Quase sempre essa perda de competência está associada à questão salarial e à escassez de verbas para atividades mínimas elementares. Acrescente-se a isso um fator de enorme gravidade, qual seja, até como decorrência, o esquecimento de um sentimento que tantas glórias e êxitos trouxe à Engenharia pública nacional, o “espírito de missão”. Diferentemente da dedicação e do amor com que os técnicos antigos cuidavam de suas responsabilidades, hoje, ressaltadas meritórias e heróicas exceções, predominam o desencanto, que leva ao acomodamento, o “vire-se como der”, ou até o descaso e o mais preocupar-se com atividades privadas paralelas. Acresça-se a isso a comum ocorrência de desvios funcionais associados à adoção da prática de terceirização de serviços de conservação. Obviamente, todos esses aspectos estão ligados direta ou indiretamente ao desmonte tecnológico e financeiro a que os órgãos públicos responsáveis por nossas obras de infra-estrutura vêm sendo já há anos submetidos pelos vários governos que se sucedem.

Na área privada, grandes e médias empresas trabalham com a generalizada disposição de não manter em seus quadros equipes técnicas permanentes, o que implica a perda da memória técnica e da experiência acumulada.

Enfim, em tempos nos quais se discute exaustivamente a necessidade do retorno dos investimentos públicos e privados em obras de infra-estrutura, esses fatos todos estão a alertar nossa racionalidade: investimentos para construção de novas obras e recuperação de obras antigas são fundamentais e indispensáveis, mas serão investimentos praticamente improdutivos se não se fizerem obrigatoriamente acompanhar de exigências explicitadas e especificadas para o emprego da melhor técnica, antes, durante e após a inauguração da obra, ou seja, no projeto, na implantação e na conservação da obra.



Deslizamento na pista Morro dos Macacos na Grande Florianópolis. Foto Notiserra SC.

4.18 - DESLIZAMENTOS NA SERRA DO MAR: TRAGÉDIA ANUNCIADA

A Natureza não se defende, vinga-se.
Einstein

Invariavelmente, todos os anos, na época das chuvas mais intensas, a imprensa brasileira vem à carga com as mesmas notícias trágicas sobre mortes estúpidas e perdas patrimoniais e financeiras relacionadas a escorregamentos em áreas urbanizadas junto à Serra do Mar.

É importante repetir: são tragédias inteiramente gratuitas que ocorrem unicamente porque a administração pública e os interesses e decisões de caráter privado insistem em não levar em conta os diagnósticos e as orientações de caráter técnico que a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica vêm insistente e largamente produzindo nestas últimas décadas em nosso país.

É preciso entender de uma vez por todas que a Serra do Mar — feição geográfica que ocorre ao longo da faixa litorânea do Sudeste brasileiro, e que, por suas características geológicas e topografia acidentada, proporcionou a preservação de um dos mais extensos e belos remanescentes da Mata Atlântica — apresenta encostas já naturalmente instáveis ante a possibilidade de ocorrência de deslizamentos, como todas as regiões serranas tropicais úmidas do planeta. A Geologia de Engenharia e a Geotecnia brasileiras têm avançado muito no entendimento da dinâmica dos deslizamentos naturais e induzidos pelo Homem na Serra do Mar, a ponto de serem consideradas referências internacionais nesse tipo de problema. Esses estudos, e a

experiência prática, mostram claramente que em uma região naturalmente instável como essa (Serra do Mar, regiões serranas tropicais) o Homem só deveria “mexer” quando totalmente indispensável, e, ainda assim, com todos os cuidados técnicos possíveis. Registre-se o espetacular exemplo das transposições viárias da Serra do Mar entre São Paulo e a Baixada Santista. A evolução dos conhecimentos técnicos permitiu que a nova pista (descendente) da Rodovia dos Imigrantes, no Estado de São Paulo, já fosse projetada e construída levando em conta a necessidade e a intenção de tocar o mínimo possível nas encostas naturais da serra, privilegiando portanto túneis, viadutos e métodos construtivos para tanto orientados. Foi um enorme avanço conceitual em relação às antigas e problemáticas transposições viárias que privilegiavam o modelo clássico de encaixe da pista na encosta através de cortes e aterros.

Mas, se no caso das transposições viárias estamos diante de intervenções inevitáveis, não se pode dizer exatamente o mesmo das ocupações urbanas que insistem em estender-se por encostas da serra a partir, especialmente, dos municípios litorâneos, produzindo sempre uma seqüência fatal de desmatamentos, cortes, aterros, concentrações de drenagem superficial, fossas de infiltração, depósitos de lixo e outros resíduos urbanos e muitas outras intervenções fortemente indutoras de escorregamentos. São verdadeiras tragédias anunciadas.

Diga-se de passagem que, com pouquíssimas exceções, a regra geral é a procura da serra como um expediente de habitação relativamente barata por parte da população mais pobre. Essa é a determinação de caráter social que tem acarretado tragédias as mais lamentáveis por todo o país: a população pobre é forçada a buscar o barateamento de seus custos com moradia combinando seis fatores: distância, irregularidade fundiária, periculosidade, insalubridade, desconforto ambiental e precariedade construtiva. Uma intenção sincera e responsável da sociedade, através das administrações públicas e das ações de caráter privado, em reduzir drasticamente os acidentes por escorregamentos, deve obrigatoriamente equacionar estes dois aspectos que se superpõem hoje com terríveis conseqüências: o fator social e o fator técnico.

Do ponto de vista social, prover a população de alternativas dignas e seguras de habitação; do ponto de vista técnico, levar em conta as restrições de ocupação da serra e as recomendações da Geologia de Engenharia, expressas especialmente através das Cartas Geotécnicas, que delimitam, nas encostas baixas da serra, as poucas áreas passíveis de ocupação (definindo as rígidas regras dessa ocupação) e as áreas das quais o Homem não deve sequer se aproximar.



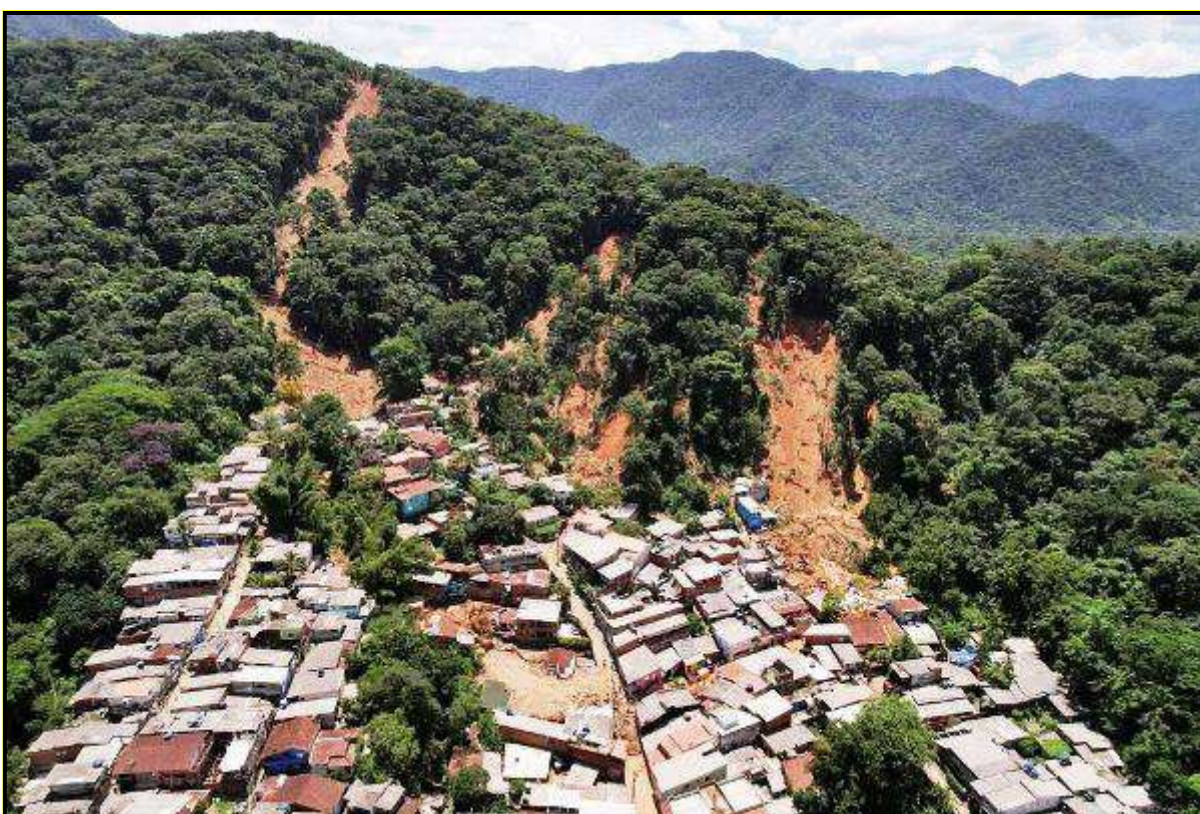
Progressiva ocupação de encostas de alta declividade e alta suscetibilidade a deslizamentos. Notar temerárias roças de banana a montante das ocupações (Foto do Autor)



Seqüência trágica: desmatamento, cortes/aterros, bananeiras. Morros de Santos e São Vicente. (Foto do Autor)



O avanço para as cotas superiores: desmatamento e cortes em uma profusão de deslizamentos naturais e induzidos. (Foto Heleno da Costa Miranda– Nova Friburgo-RJ)



A ocupação urbana avançando para declividades progressivamente mais suscetíveis a deslizamentos naturais. Barra do Sahy – São Sebastião SP. Foto Amanda Perobelli/Reuters

4.19 - PISCINÕES: UM DESPROPOSITADO ATENTADO URBANÍSTICO E AMBIENTAL

Em resumo, mas sem prejuízo da precisão, a equação das enchentes da região metropolitana de São Paulo (extrapolável para outros centros urbanos) pode assim ser expressa e entendida: **volumes crescentemente maiores de água, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão.** Acresça-se que no caso paulistano, essa dinâmica ocorre em uma região geológica já naturalmente caracterizada por sua dificuldade natural em dar bom e rápido escoamento às suas águas superficiais.

É para interferir nessa equação que são projetados os reservatórios de retenção (popularmente conhecidos como “piscinões”), uma providência complementar a um conjunto de medidas necessárias à minimização da ocorrência e da amplitude das enchentes. Os piscinões não constituem uma técnica nova, são e já foram muito usados nos EUA e na Europa, e compõem o elenco de possíveis providências para aumentar a capacidade de retenção de água em sub-bacias hidrográficas afluentes. Não são mais que grandes reservatórios que vão fazer o papel hidráulico/hidrológico da vegetação e dos terrenos anteriores à urbanização em sua capacidade de reduzir o volume e retardar no tempo o escoamento das águas de chuva. Em um episódio de chuva intensa, uma parte das águas de um córrego é desviada para o enchimento do reservatório (piscinão), aliviando naquele momento crítico o córrego e as drenagens de jusante de um determinado volume de água. Passado o pico maior das chuvas, as águas do reservatório seriam liberadas lentamente, sem colaborar, então, para o risco de enchentes. Um raciocínio perfeito do ponto de vista hidráulico.

O grande problema é que, diferentemente das cidades de países desenvolvidos que o adotam, a metrópole paulista (e outras metrópoles) apresenta dois fenômenos gravíssimos, que obrigam técnicos, administradores públicos e sociedade a entenderem o piscinão como a última das alternativas técnicas a ser usada para o retardamento da velocidade de escoamento das águas de chuva: a enorme e perigosa carga de poluição de suas águas superficiais e a fantástica carga de sedimentos originados especialmente da erosão nas zonas periféricas de expansão urbana que, acrescidos de lixo e entulho de construção civil, acabam por assorear e entulhar todo o sistema natural e construído de drenagem.

Assim, ao lado de seus esperados efeitos hidráulicos positivos, os piscinões implicam graves problemas para as municipalidades e para a sociedade, exigindo que uma decisão sobre sua implantação seja anteriormente submetida a exigentes ponderações técnicas, econômicas e sociais, e não simplesmente apoiada em modismos tecnológicos, como o vem sendo feito atualmente. A propósito, há um elenco grande de outras alternativas de mesmo sentido técnico, de concepção e execução mais simples, que, adotadas em conjunto, poderiam cumprir papel hidráulico similar como, por exemplo, reservatórios pequenos domésticos para reserva de água de chuva e seu posterior uso, reservatórios médios em edificações maiores (supermercados, prédios, indústrias, etc.) para o mesmo fim, praças com lagos de recebimento de águas de chuva, parques lineares, valetas, calçadas e pátios drenantes, tubulações pluviais drenantes, poços e trincheiras de infiltração, disseminação de bosques florestados, etc.

Os problemas associados aos piscinões podem assim ser sistematizados e descritos:

- são obras de elevado custo, considerando a obra propriamente dita, as desapropriações necessárias à sua implantação e operação e os elevadíssimos custos de sua manutenção;

- boa parte do material de assoreamento produzido nas sub-bacias hidrográficas em episódios de chuvas intensas passará a se depositar nos reservatórios, inclusive um grande volume de sedimentos finos (siltes e argilas) que antes, sem a nova condição de lago (águas paradas), seriam normalmente levados em suspensão pelas águas; acresça-se que um piscinão assoreado por sedimentos e lixo tem seu volume útil comprometido, assim como, portanto, sua capacidade de colaborar no controle de enchentes em episódios pluviométricos subseqüentes;
- as operações de desassoreamento desses reservatórios passam à total responsabilidade dos municípios, normalmente despreparados financeira e fisicamente para essa complexa e exigente operação;
- tanto as águas a serem retidas como o material de assoreamento e o lixo que serão depositados nos reservatórios propiciarão a ação direta e mais prolongada do mau cheiro, de insetos, ratos e de sua perigosa carga químico-biológica poluente no âmbito da região urbanizada de entorno, implicando riscos evidentes de possíveis contaminações e acidentes;
- para a disposição final do material proveniente do desassoreamento (limpeza) dos piscinões será natural a necessidade econômica de encontrar local adequado próximo, ou seja, no próprio bairro, o que exige lidar com cuidados técnicos e operacionais específicos e dispendiosos para que esse bota-fora não venha a contaminar solos, águas ou diretamente a população;
- a implantação dos piscinões e dos bota-foras, que receberão o material proveniente das operações de desassoreamento, ocupará e mobilizará preciosas áreas urbanas que poderiam ser aproveitadas para o atendimento de necessidades e aspirações da população local em educação, lazer, moradias, esporte, etc.



Piscinão da Eliseu de Resende: um tanque fétido de alto poder contaminante em pleno centro de Taboão da Serra (SP). (Foto do Autor)



Piscinão do Caaguaçu (Bacia do Aricanduva, São Paulo, Capital) totalmente assoreado. (Foto do Autor)



Interior de um piscinão: assoreamento de sedimentos e lixo difícilimo de se remover, além da alta contaminado pela poluição das águas superficiais da metrópole. (Foto do Autor)



Piscinão da Portuguezinha, Taboão da Serra – SP, comprometido pelo intenso assoreamento. (Foto Djalma Kutxfara)

4.20 - EDIFICAÇÕES EM TERRENOS INCLINADOS: ERROS COMETIDOS E SOLUÇÕES MAIS ADEQUADAS

Os graves e recorrentes problemas de ordem geológico-geotécnica que têm, em recorrentes tragédias, vitimado milhares de brasileiros, têm tido sua principal origem na incompatibilidade entre as técnicas de ocupação urbana e as características geológicas e geotécnicas dos terrenos onde são implantadas.

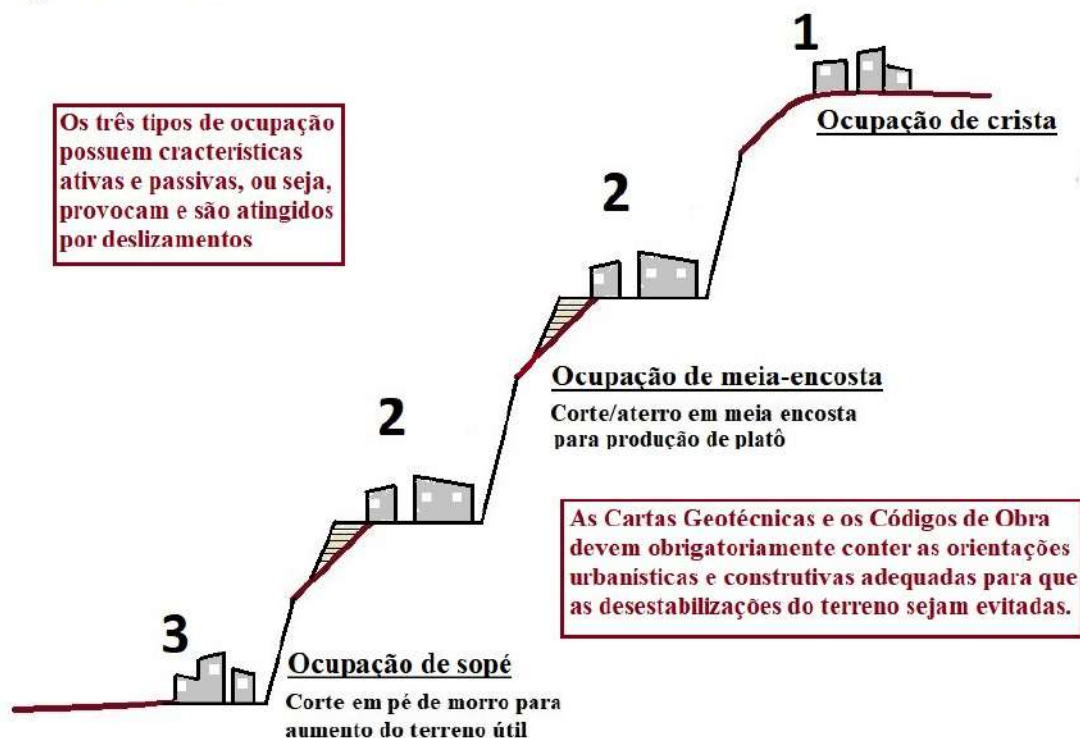
No caso específico dos deslizamentos, ou são ocupados terrenos que por sua alta instabilidade geológica natural não deveriam nunca ser ocupados – é o caso das expansões urbanas sobre encostas da Serra do Mar, ou são ocupadas terrenos de médio risco natural, perfeitamente passíveis de receber a ocupação urbana, mas isso feito com tal inadequação técnica que, mesmo nessas condições naturais mais favoráveis, são geradas situações de alto risco geotécnico.

O fato é que, ao lado das deficiências crônicas de nossas políticas habitacionais, o que acaba obrigando a população mais pobre a buscar solução própria de moradia em áreas geologicamente problemáticas, não possuímos no país uma cultura técnica arquitetônica e urbanística especialmente dirigida à ocupação de terrenos de acentuada declividade. Isso se verifica tanto nas formas empíricas utilizadas pela própria população de baixa renda na auto-construção de suas moradias, como também em projetos privados ou públicos de maior porte e perfeitamente regulares que teoricamente contam com o suporte técnico de arquitetos e urbanistas. Em ambos os casos, ou seja, no empirismo popular e nos projetos mais elaborados, prevalece infelizmente a cultura técnica da área plana. Isto é, através de cortes e aterros obtidos por operações de terraplenagem busca-se obsessivamente a produção de platôs planos sobre os quais irá ser edificado o empreendimento. Esse tem sido o cacoete técnico que está invariavelmente presente na maciça produção de áreas de risco a deslizamentos nas cidades brasileiras que, de alguma forma, crescem sobre relevos mais acidentados.

Adiante estão esquematicamente apresentadas as situações que mais comumente tem levado a acidentes, e também algumas concepções construtivas e arquitetônicas mais adequadas à ocupação de terrenos inclinados.

AS TRÊS MAIS FREQUENTES INTERVENÇÕES GERADORAS DE SITUAÇÕES DE RISCO EM TERRENOS DE ALTA DECLIVIDADE

geol. Álvaro R Santos



- 1 – Ocupação de crista** concentram águas pluviais e as lançam juntamente com águas servidas sobre a encosta provocando deslizamentos. Podem também ser atingidas por deslizamentos provocados por cortes a jusante.
- 2 – Ocupação de meia encosta** ocorrem em sequência. Provocam deslizamentos e são atingidas por deslizamentos de montante e descalçamentos de jusante.
- 3 – Ocupação de sopé** provocam deslizamentos que descalçam ocupações de montante e são atingidas por deslizamentos que ocorrem ao longo de toda a encosta.



A busca obsessiva por platôs provocado descalçamento sucessivos de jusante para montante. Bairro Cabuçu de Baixo – São Paulo (foto do Autor)



Idem. Paraisópolis – São Paulo (foto do Autor)

IMPORTÂNCIA DA ORIENTAÇÃO DO LOTE EM RELAÇÃO ÀS CURVAS DE NÍVEL

ARSantos



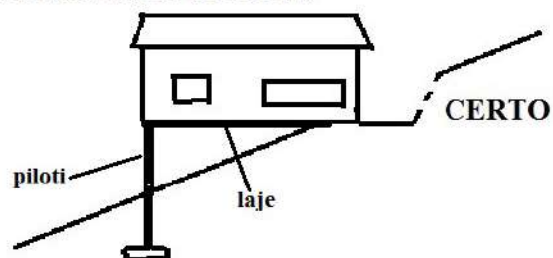
OPÇÃO TÉCNICA MAIS ADEQUADA A TERRENOS INCLINADOS

Geól. ARSantos

sobre platô obtido por corte no talude

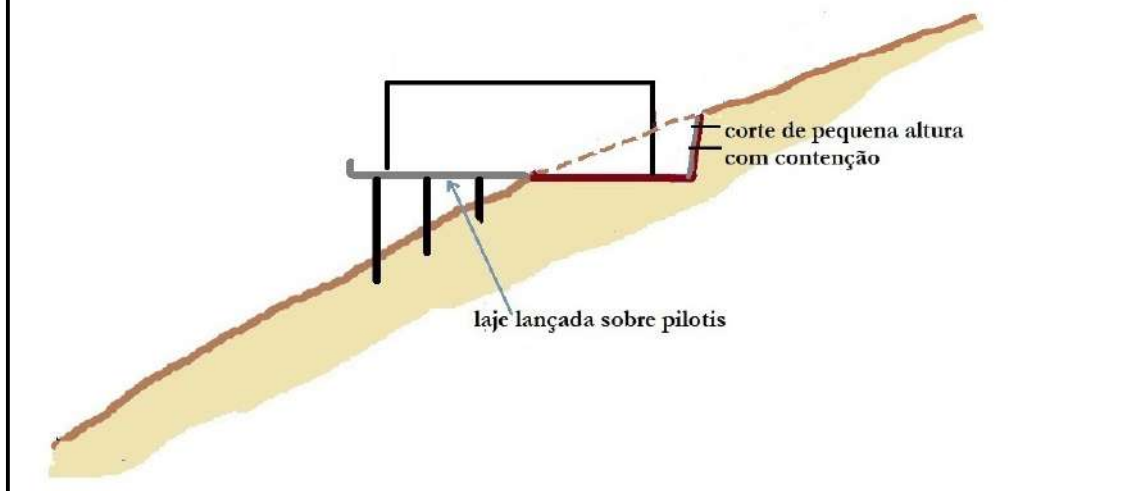


sobre laje lançada sobre pilotis
altura máxima de corte: 1m



**CONCEPÇÃO DE PLATÔ EM ENCOSTA. CORTE MAIS LAJE
LANÇADA SOBRE PILOTIS**

geol. Álvaro R. Santos



Casas construídas em encosta da Serra do Mar no conceito laje lançada sobre pilotis, ou seja, sem cortes no terreno. Foto do autor.



Projeto desenvolvido pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) plenamente adequado (lajes sobre pilotis) a terrenos de média e alta declividade. Imagem Arq. JFL.



Edificação simples dentro do mesmo conceito



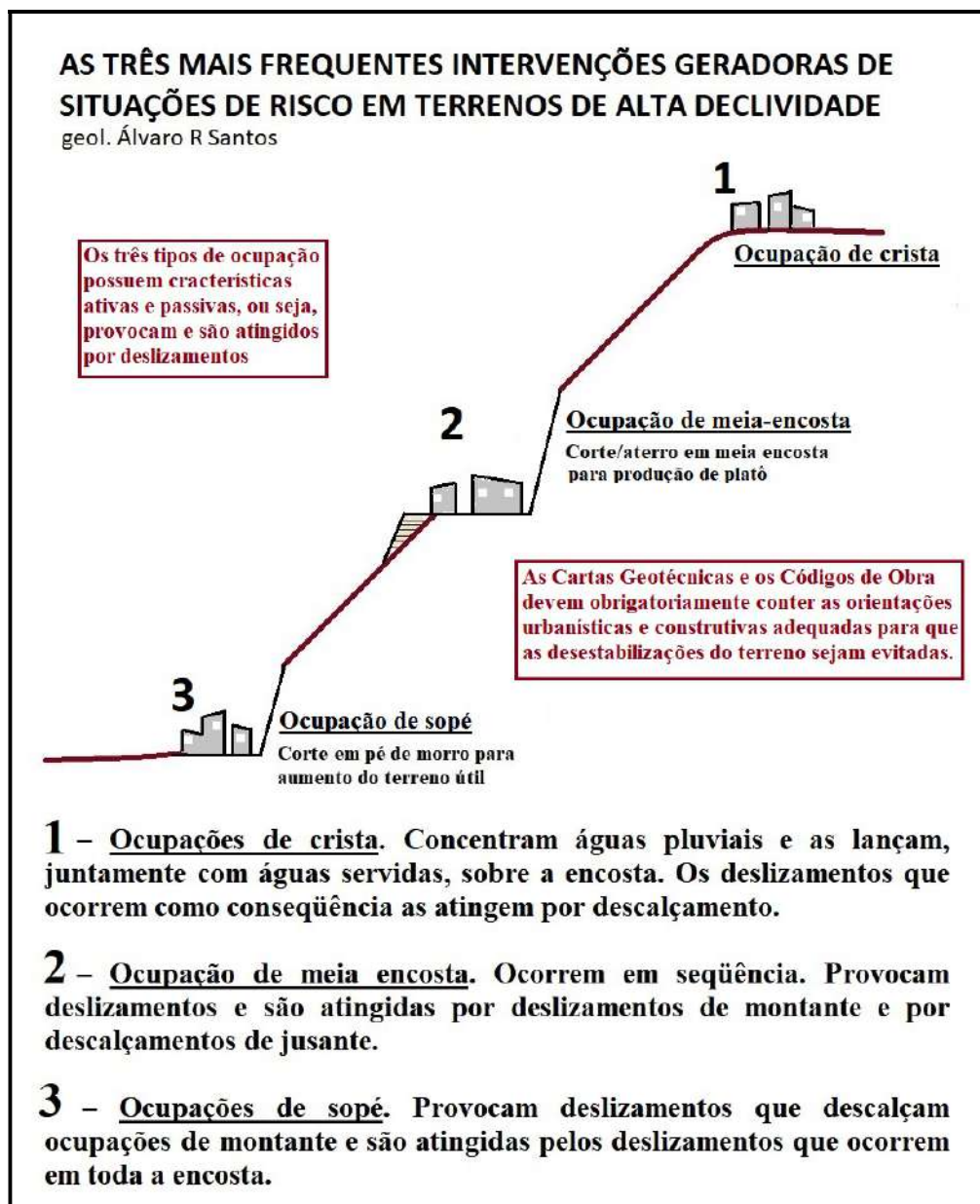
Empirismo popular obedecendo o conceito laje lançada sobre pilotis. Foto do autor.

4.21 - ELEMENTOS BÁSICOS DE UM PROGRAMA DE GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS - (FOCO ESTRATÉGICO: ELIMINAÇÃO DO RISCO)

Introdução

Como um “carma” já internalizado pela sociedade brasileira, especialmente por suas autoridades públicas e privadas e por sua mídia, repetem-se anualmente à época das chuvas mais intensas as tragédias familiares com terríveis mortes provocadas por deslizamentos e enchentes. A dor e o sofrimento causados por essas tragédias expressam uma crueldade ainda maior ao entendermos que poderiam ser plenamente evitadas. Predominantemente os desastres mais comuns e fatais estão vinculados a ocupações de encostas de média a alta declividades, margens de córregos e áreas alagáveis pela população pobre de nossas grandes e médias cidades.

Para uma mais precisa compreensão do problema e para o correto equacionamento de sua solução é indispensável considerar separadamente dois aspectos fundamentais, mas bem diversos, dessa questão; o fator técnico e o fator político-social-econômico. Frente ao ponto de vista estritamente técnico vale afirmar categoricamente que não há uma questão técnica sequer relacionada ao problema que já não tenha sido estudada e perfeitamente equacionada pela Geotecnia brasileira (Engenharia Geotécnica e Geologia de Engenharia), com suas soluções resolvidas e disponibilizadas, tanto no âmbito da abordagem preventiva como da corretiva e da emergencial. Cartografia Geotécnica, Cartas de Risco, Sistemas de Alerta meteorológico, metodologia e tecnologia de Planos Contingenciais de Defesa Civil, tipologia de obras de contenção e drenagem adequadas ao caso, e tudo o mais que se refere à questão, são parte do ferramental que o meio técnico brasileiro abundantemente já produziu e disponibilizou à sociedade para o enfrentamento do problema. No que concerne às componentes sociais, políticas e econômicas do problema, é essencial ter-se em conta que a população mais pobre, compelida a buscar soluções de moradia compatíveis com seus reduzidos orçamentos, tem sido compulsoriamente obrigada a decidir-se jogando com seis variáveis, isoladas ou concomitantes: grandes distâncias do centro urbano, áreas de periculosidade, áreas de insalubridade, irregularidade imobiliária, desconforto ambiental, precariedade construtiva. Somem-se a isso loteadores inescrupulosos, total ausência da administração pública, inexistência de infraestrutura urbana, falta de sistemas de drenagem e contenção e outros tipos de cuidados técnicos, etc. Ficam assim diabolicamente atendidas as condições necessárias e suficientes para a inexorável recorrência de nossas terríveis tragédias geotécnicas. Ou seja, em que pese a necessidade dos serviços públicos melhorarem em muito sua eficiência técnica e logística no tratamento do problema “áreas de risco”, não há como se pretender resolver esta questão somente através da abordagem técnica. A questão também remete pesadamente para a necessidade de programas habitacionais mais ousados e resolutivos, que consigam oferecer à população de baixa renda moradias próprias dignas e seguras na mesma faixa de custos em que ela só tem encontrado nas situações de risco referidas.



Documentos cartográficos e operacionais imprescindíveis na gestão de áreas de risco

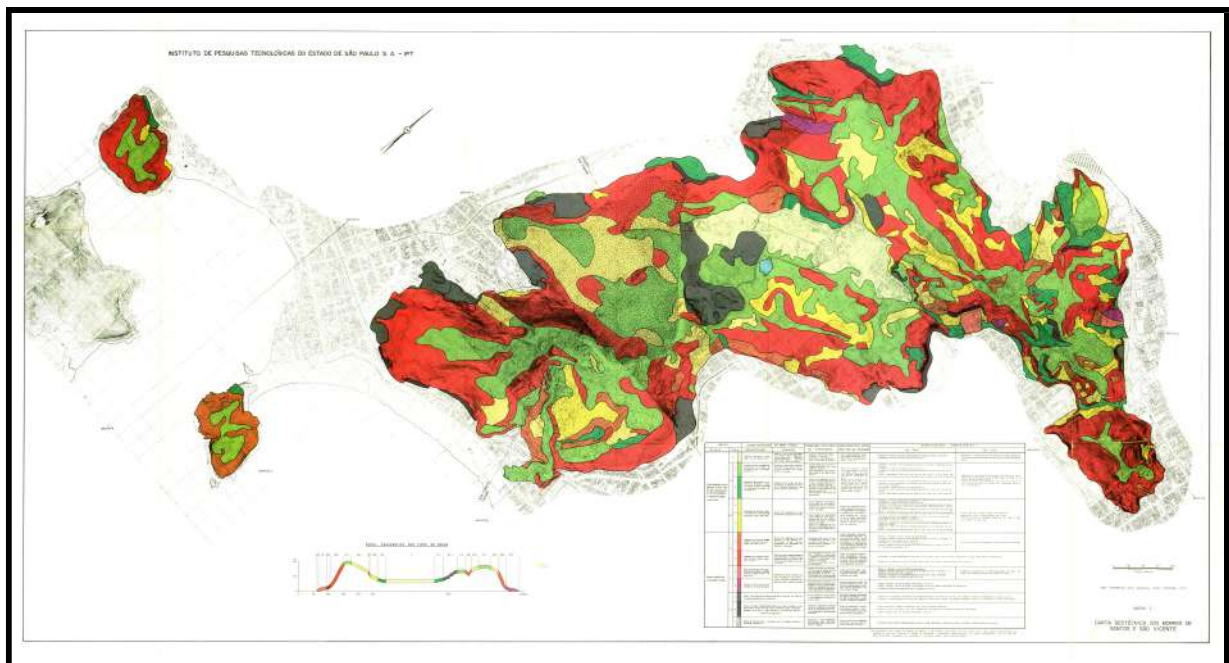
A **Carta Geotécnica** traz informações sobre todas feições geológicas e geomorfológicas de uma determinada região quanto ao seu comportamento geotécnico frente às solicitações típicas de um determinado tipo de ocupação. É essencialmente um instrumento de planejamento do uso do solo. As mais comuns são as CGs orientadas à ocupação urbana. Definem as zonas que não podem ser ocupadas de forma alguma e aquelas que podem ser ocupadas uma vez obedecidos os critérios técnicos estipulados pela própria Carta. Deve ser produzida em escalas na faixa de 1:5.000 a 1:2.000.

A **Carta de Riscos** delimita em uma área ou região as zonas ou os compartimentos submetidos a um determinado tipo de risco (por exemplo, escorregamentos) frente a um determinado tipo de ocupação (por exemplo, urbana), definindo os diferentes graus de risco e as providências necessárias associadas a cada um desses graus. Geralmente é realizada para uma situação já com problemas detectados ou acontecidos e é mais comumente um instrumento de ações corretivas e emergenciais de Defesa Civil e/ou reorganização da ocupação. Deve ser produzida em escala 1:2.000.

Mapa de Geodiversidade é um documento cartográfico de macro-planejamento regional produzido em escalas na faixa de 1:1.000.000 a 1:250.000 que expõe a diversidade geológica-geomorfológica-pedológica dos terrenos e os processos de Dinâmica Externa a que estão submetidos.

Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações é um documento cartográfico de planejamento de uso do solo e gestão de riscos produzido na escala 1:25.000 que mostra as diferentes suscetibilidades das regiões municipais à ocorrência de deslizamentos e inundações.

Plano de Contingência de Defesa Civil é um documento que estabelece as ações de proteção e defesa civil em caso de previsão de ocorrência de eventos pluviométricos extremos, elencando e organizando as ações de preparação e resposta que órgãos de proteção civil e população devem adotar a partir de combinados sinais de alerta.



A histórica Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente (SP) concluída pelo IPT em 1978.

Áreas de risco: quando desocupar, quando consolidar

Em que pese a fundamental importância de medidas preventivas de planejamento urbano (Carta Geotécnica, Programas Habitacionais), as únicas capazes de evitar a instalação de áreas de risco, há a se considerar que o passivo de erros já cometidos é imenso, e muitas áreas de alto risco geológico-geotécnico já estão instaladas, assim como, pela absurda inadequação técnica das formas de ocupação, muitas áreas geologicamente compatíveis com a ocupação urbana também apresentam generalizada presença de situações de risco instaladas. Esse enorme passivo geotécnico urbano impõe a necessidade de intervenções urbanísticas de caráter corretivo e emergencial voltadas a eliminar ou ao menos reduzir drasticamente a possibilidade da ocorrência de novas tragédias geotécnicas.

Essas intervenções urbanísticas eliminadoras de riscos geológico-geotécnicos exigem dos geotécnicos (geólogos de engenharia e engenheiros geotécnicos) uma primeira decisão essencial diante das diferentes situações que lhes são colocadas: o que se colocaria como mais indicado, a desocupação da área ou sua manutenção como área urbana ocupada via obras de consolidação geotécnica?

De qualquer modo, o instrumento indispensável para dar suporte a esse tipo de decisão é a Carta de Riscos, com a qual são caracterizados os subsetores de uma determinada área segundo seus diferentes graus de risco (internacionalmente são definidos 4 graus de risco: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). No entanto, os critérios para, a partir da Carta de Riscos, chegar-se à decisão sobre que subsetores desocupar e que subsetores consolidar ainda não estão devidamente estabelecidos ou consensuados na Geotecnia brasileira e internacional, tendo na prática prevalecido o bom senso dos profissionais envolvidos. Se sua confiabilidade não é desprezível, há consciência de que o simples bom senso não é suficiente, e deva-se chegar a uma definição mínima de critérios norteadores de tais decisões. Consideremos alguns elementos que possam auxiliar a avaliação de fatores essenciais na boa solução desse dilema, em especial tendo em conta nossas regiões serranas com altos índices de pluviosidade, as margens de cursos d'água e as áreas inundáveis.

Faz-se fundamental nesse objetivo a perfeita distinção entre **risco natural**, ou seja, um risco determinado pelas condições naturais do terreno ocupado, e **risco induzido**, aquele originado ou potencializado por intervenções antrópicas diretas ou indiretas.

Subsetores classificados em Risco Geotécnico natural Muito Alto ou Alto (Graus de Risco 4 e 3) originalmente impróprios à ocupação urbana: DESOCUPAÇÃO E REASSENTAMENTO

Os subsetores classificados em Risco Geotécnico Muito Alto e Alto, que por suas características geológico-geotécnicas e hidrológicas originais não seriam de forma alguma liberados para a ocupação urbana, devem ser inquestionavelmente desocupados, com a população reassentada, sem custos extras para as famílias, em áreas seguras. Não há sentido algum em adaptar para a ocupação urbana, via obras de consolidação geotécnica, um setor já naturalmente instável do ponto de vista geológico, geotécnico e hidrológico.

É válido também considerar-se como elemento reforçador da decisão de desocupação urbana de uma determinada área a intenção de marcar um fato simbólico/cultural/educativo para a sociedade, ao evidenciar que áreas com aquela similaridade geológica ou hidrológica não devem e não podem ser ocupadas.

Subsetores classificados em Risco Geotécnico induzido Muito Alto ou Alto (Grau de Risco 4 e 3) originalmente passíveis de ocupação urbana: DECISÃO DE CONSOLIDAÇÃO GEOTÉCNICA VIA PONDERAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

Trata-se de setores que, se utilizadas as técnicas adequadas, poderiam ser ocupados, mas que se tornaram um canteiro de áreas de risco pela adoção de técnicas construtivas as mais inadequadas. Depreende-se que os riscos existentes foram provocados por erros técnicos na ocupação, com destaque à temerária sucessão de cortes e aterros para produção de patamares planos, desmatamento com plantio de roças, desorganização da drenagem, instalação de fossas de infiltração, disposição de lixo e entulho, assoreamento e estrangulamento de córregos, etc.

A decisão de desocupação ou manutenção da ocupação urbana desses subsectores exigirá uma avaliação setorial e caso a caso (edificação a edificação) e dependerá de um balanço Custo/Benefício. No caso da análise setorial devem ser cotados os custos totais da consolidação geotécnica capaz de dotar a área de segurança geotécnica e os custos necessários a reassentar seus moradores em habitações situadas em áreas seguras.

Na análise caso a caso, os custos de consolidação necessários para especificamente dotar aquela edificação de segurança geotécnica e hidrológica e os custos envolvidos em sua remoção. Algumas questões devem ser tidas em conta nessa ponderação:

- É comum o cenário em que apenas algumas remoções individualizadas propiciam uma economia considerável, capaz de justificar financeiramente a opção pela manutenção da ocupação urbana via obras e serviços de consolidação geotécnica;
- Uma área que é desocupada irá demandar algum serviço de estabilização geotécnica e posteriores serviços de reflorestamento, o que a guindará a uma condição de área urbana florestada, aos moldes de uma APP – Área de Preservação Permanente. Ou seja, uma área desocupada não pode ser simplesmente abandonada, irá exigir algum tipo de intervenção e isso tem algum custo;
- Em uma decisão de manutenção da ocupação urbana sempre se deverá dar preferência a obras leves e simples de consolidação voltadas à inibição do principal fator imediato dos deslizamentos, qual seja a saturação dos solos (com destaque para os serviços de impermeabilização, drenagem superficial e profunda, eliminação de fossas e lixões, etc.). Obras de consolidação mais sofisticadas e de grande porte, além de muito dispendiosas, normalmente exigem trabalho de maquinário pesado e intervenções na geometria das encostas, o que não é aconselhável.

Subsetores classificados em Risco Geotécnico natural ou induzido Médio e Baixo (Graus de Risco 2 e 1): MANUTENÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA – POSSÍVEL ADENSAMENTO DA OCUPAÇÃO

Ressalvados casos raros e isolados em que se justifique decidir pela remoção de uma ou outra edificação, é natural o prevalecimento da decisão de manutenção da ocupação urbana nos subsetores classificados em Graus de Risco 2 e 1, considerando a baixa exigência de obras de consolidação geotécnica e seu natural baixo custo. Frente à necessidade presente de acomodar moradores cujas moradias tenham já sido destruídas, ou que estejam em áreas que serão desocupadas, é aconselhável avaliar a oportunidade de intervenções urbanísticas que possam viabilizar condições seguras e socialmente dignas de adensamento populacional nesse tipo de subsetor.

A tabela a seguir resume e organiza as ações propostas:

| GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS - LINHAS DE AÇÃO | | |
|---|--|--|
| CARÁTER | AÇÕES | INSTRUMENTOS DE APOIO |
| PREVENTIVO | Regulação técnica da expansão urbana impedindo-se radicalmente a ocupação de áreas de alta e muito alta suscetibilidade natural a riscos. | <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de geodiversidade • Carta de suscetibilidade • Carta geotécnica • Plano diretor • Zoneamento do uso do solo |
| | Regulação técnica da expansão urbana obrigando que áreas de baixa e média suscetibilidade natural a riscos somente possam ser ocupadas com técnicas a elas adequadas. | <ul style="list-style-type: none"> • Carta geotécnica • Zoneamento do uso do solo • Códigos de obra • Adoção do lote urbanizado • Assistência técnica |
| | Redução da pressão por ocupação de áreas de risco via o oferecimento de alternativas seguras e dignas de moradia para população de baixa renda. | <ul style="list-style-type: none"> • Políticas públicas habitacionais • Programas habitacionais |

| | | |
|--------------------|--|---|
| CORRETIVO | Reassentamento de moradores de áreas de muito alto e alto risco natural . | <ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos |
| | Consolidação geotécnica de áreas de muito alto e alto risco induzido . Consolidação geotécnica de áreas de médio e baixo risco natural ou induzido . | <ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos • Balanço custo/benefício • Projetos de consolidação geotécnica |
| EMERGENCIAL | Remoção imediata de moradores de áreas de alto e muito alto risco em situações críticas. | <ul style="list-style-type: none"> • Carta de riscos |
| | Concepção e implementação de Planos Contingenciais de Defesa Civil. | <ul style="list-style-type: none"> • Carta de Riscos • Sistemas de Alerta |

OBS: os sistemas de alerta pluviométrico tem estrito caráter emergencial e temporário, devendo somente ser adotados durante o tempo necessário à implementação de medidas de segurança mais definitivas.

4.22 - CARTA GEOTÉCNICA E CARTA DE RISCOS: DISTINÇÕES NO SIGNIFICADO, NA ELABORAÇÃO E NO USO

Se a abordagem de risco se impõe como prioritária aos países onde o risco geológico é totalmente natural, vulcanismo, terremotos, tsunamis, etc., ou seja, independe da vontade humana, em nosso caso, as situações de risco (escorregamentos, enchentes, erosões) são associadas a intervenções humanas no meio físico geológico, podendo, portanto, ser mitigadas ou totalmente evitadas no depender da vontade humana. Obviamente, diante do quadro atual não há como não atender as situações emergenciais, pois o passivo geotécnico é enorme, mas estaríamos cometendo um erro tremendo se colaborássemos para passar à sociedade brasileira a estapafúrdia ideia de que o risco é inevitável e que, se bem administrado, seria até aceitável. É preciso virar o jogo, voltando à carga nas ações preventivas de planejamento, com o que evitaríamos que novas situações de risco fossem criadas, estancando então a diabólica sucessão de erros e tragédias. Na prática essa diretriz significaria a aplicação da única estratégia que o bom senso técnico e gerencial indicaria para a recuperação do controle técnico sobre o crescimento urbano: **parar de errar e corrigir o errado que já foi feito**. O meio técnico brasileiro, especialmente seus geólogos, engenheiros geotécnicos, arquitetos, urbanistas, geógrafos, precisa se articular para essa indispensável correção de rumos.

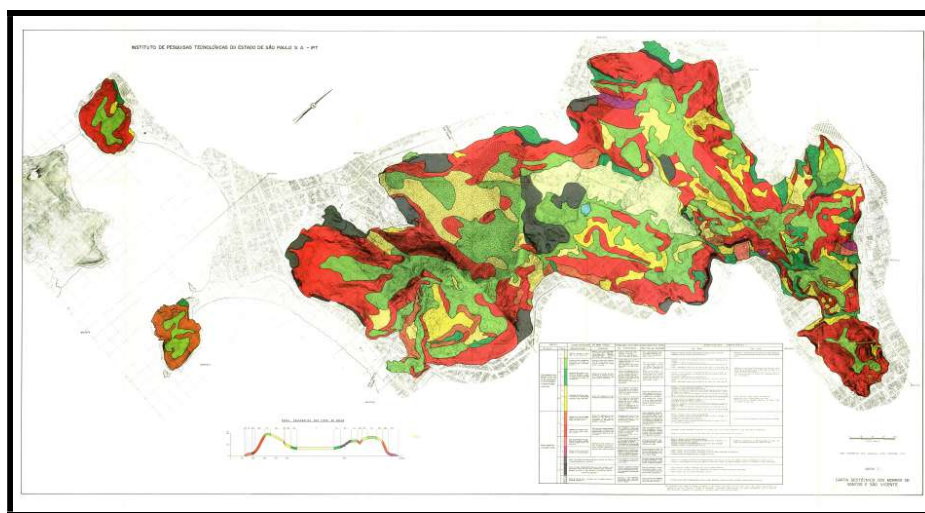
Importante nesse contexto atingirmos uma necessária uniformização conceitual, indispensável à boa discussão do tema, quanto ao papel e significado desses dois fundamentais documentos cartográficos, a Carta Geotécnica e a Carta de Riscos.

A **Carta Geotécnica** traz informações sobre todas feições geológicas e geomorfológicas de uma determinada região quanto ao seu comportamento geotécnico frente às solicitações típicas de um determinado tipo de ocupação. É essencialmente um instrumento de planejamento do uso do solo. A **CG** é um documento básico de caráter preventivo para a formulação de Planos Diretores, Códigos de Obra e demais instrumentos de regramento técnico do uso do solo. As mais comuns são as **CGs** orientadas à ocupação urbana. Definem as zonas que não podem ser ocupadas de forma alguma e aquelas que podem ser ocupadas uma vez obedecidos os critérios técnicos que devem necessariamente ser estipulados pela própria Carta.

Importante sempre frisar esse conceito: **uma Carta Geotécnica implica necessariamente na conjugação do mapa de zoneamento geotécnico com as recomendações técnicas executivas de uma adequada ocupação.**

A **Carta de Riscos** delimita em uma área ou região crítica as zonas ou os compartimentos submetidos a um determinado tipo de risco (por exemplo, deslizamentos) frente a um determinado tipo de ocupação (por exemplo, urbana), definindo os diferentes graus de risco e as providências necessárias associadas a cada um desses graus. Internacionalmente vem-se adotando a classificação do grau de risco em 4 patamares: Muito Alto risco, Alto, Médio e Baixo.

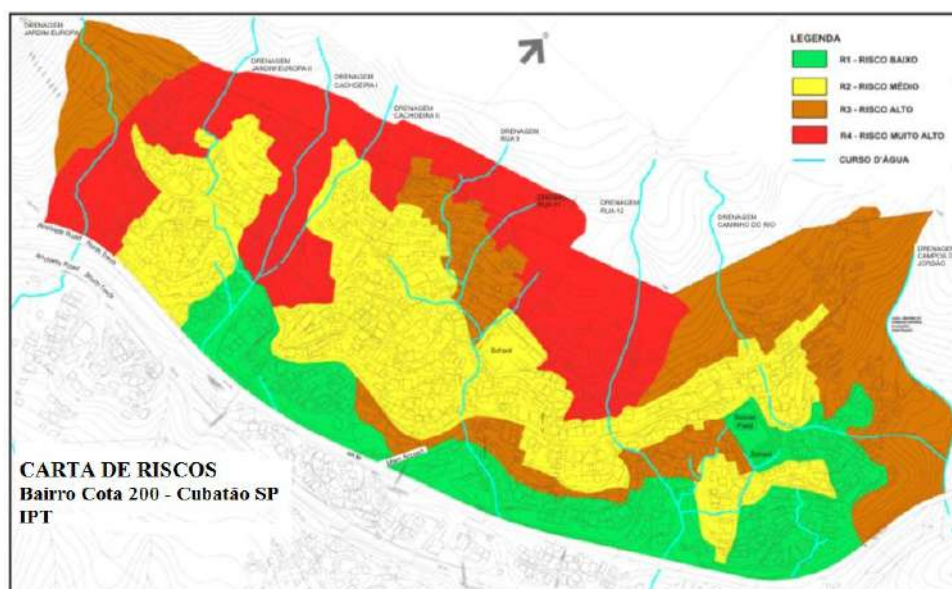
A **Carta de Riscos** é dessa forma apropriada a uma situação já com problemas detectados ou já acontecidos, caracterizando-se como um instrumento de caráter emergencial e/ou corretivo para orientar ações emergenciais de Defesa Civil e ações de consolidação/reorganização da ocupação.



A histórica Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente (SP) concluída em 1978 pelo IPT

| ÁREAS | Ordem | Tipo | CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO | | PROBLEMAS EXISTENTES OU ESPERADOS | CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE OCUPAÇÃO | ESPECIFICAÇÕES ORIENTADORAS | |
|---|-------|---------------------------|---|--|--|--|--|--|
| | | | Topografia | Solo | | | Do Solo | Do Uso |
| Áreas passíveis de ocupação urbana, com restrições e restrições construtivas. | 1 | Áreas de risco baixo | Topografia suave, declividade inferior a 10%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. |
| | 2 | Áreas de risco médio | Topografia moderada, declividade entre 10% e 20%. | Solos de média capacidade de suporte, classe II e III. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. |
| | 3 | Áreas de risco alto | Topografia acentuada, declividade entre 20% e 30%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. |
| | 4 | Áreas de risco muito alto | Topografia muito acentuada, declividade superior a 30%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. |
| Áreas não passíveis de ocupação urbana. | 5 | Áreas de risco baixo | Topografia suave, declividade inferior a 10%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. | Áreas de risco baixo, com declividade inferior a 10%. |
| | 6 | Áreas de risco médio | Topografia moderada, declividade entre 10% e 20%. | Solos de média capacidade de suporte, classe II e III. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. | Áreas de risco médio, com declividade entre 10% e 20%. |
| | 7 | Áreas de risco alto | Topografia acentuada, declividade entre 20% e 30%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. | Áreas de risco alto, com declividade entre 20% e 30%. |
| | 8 | Áreas de risco muito alto | Topografia muito acentuada, declividade superior a 30%. | Solos de baixa capacidade de suporte, classe III e IV. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. | Áreas de risco muito alto, com declividade superior a 30%. |

Tabela anexa à Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente contendo todas as orientações e restrições construtivas para os setores passíveis de ocupação



A Carta de Riscos elaborada pelo IPT para o Bairro Cota 200, contíguo à Via Anchieta

4.23 - SOBRE A OCUPAÇÃO URBANA DE PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO

A apriorística condenação da ocupação urbana de planícies de inundação, ou, mais genericamente, de várzeas fluviais, tem se constituído em um dos mantras mais insistentemente declamados e reclamados pelos movimentos ambientalistas e repercutidos, com frequência, por órgãos públicos de fiscalização ambiental e pelo Ministério Público.

Em torno dessa predisposição à proibição desse tipo de ocupação urbana incontáveis conflitos jurídicos tem se instalado, e, na maior parte das vezes, ou por sua decisão final, ou por sua morosidade, inviabilizado inúmeros empreendimentos e incorporado pesadas perdas financeiras a seus empreendedores.

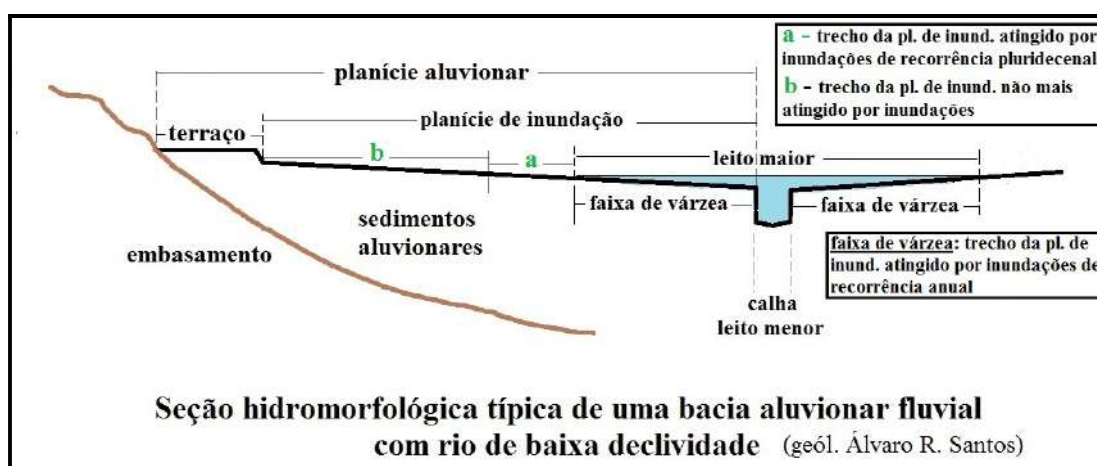
Por ser testemunha que, na maior parte dos processos, falta às partes, órgãos e instâncias de fiscalização ambiental e empreendedores, um melhor entendimento dos

aspectos hidromorfológicos e legais envolvidos no tema, como subsiste uma enorme confusão terminológica quanto às feições fisiográficas presentes em uma determinada bacia aluvionar-fluvial, entendi como adequado elaborar essa contribuição, na expectativa que possa colaborar para uma mais correta gestão dos casos em que esse tipo de conflito de opiniões esteja presente.

Sobre as feições hidromorfológicas, sua terminologia e suas funções hidrológicas e ambientais

Por se tratarem dos casos mais comuns, vejamos os aspectos hidromorfológicos e terminológicos envolvidos no caso de Bacias Aluvionares Fluviais de rios de baixa declividade e, com frequência, meandantes, aquelas justamente que envolvem as maiores extensões de planícies de inundação.

A figura a seguir expõe a representação de todas as feições hidromorfológicas teoricamente presentes em uma Bacia Aluvionar Fluvial com essas características. Por certo que em boa parte de casos nem sempre todas as feições estão presentes e nessa devida proporcionalidade de áreas.



As maiores dificuldades conceituais e terminológicas dizem respeito aos diferentes entendimentos relativos às feições planície de inundação e várzea, no que se refere às suas abrangências, características e funções hidromorfológicas e ambientais. É comum encontrar profissionais que estendem seu conceito de várzea a toda a planície de inundação, às vezes surgindo até a expressão várzea de inundação. Mas sempre será mais importante, e essencial, que se chegue a um entendimento consensual sobre a existência e as características das diversas feições presentes, pois que se estabelecido esse consenso, mesmo que perdure alguma divergência terminológica, haverá a possibilidade de um correto entendimento entre as partes envolvidas.

Concentremo-nos, portanto, no exame dessas diferentes feições e suas características. Primeiramente é importante lembrar que aos processos geológicos e hidrogeológicos desse tipo de bacia aluvionar são extremamente dinâmicos, combinando ciclos de entulhamento sedimentar com ciclos de retrabalhamentos erosivos da calha fluvial principal e de seus afluentes, incluindo constantes alterações de curso, formação e abandono de meandros. Considere-se ainda que muitos desses rios vem sofrendo expressivas intervenções humanas, como retificações, barramentos, aprofundamento ou assoreamento das calhas, etc. Esses aspectos exigem que os exames de campo sobre as diferentes feições hidromorfológicas sejam feitos com extrema atenção, sem o que, por exemplo, pode-se associar feições de origem pretérita a dinâmicas hidrológicas atuais.



Aspecto geral de bacias aluvionares fluviais. Acima, trecho da Bacia Aluvionar do rio Paraíba do Sul a jusante de Lorena, no ESP, abaixo, trecho da bacia aluvionar do rio Tietê, próximo a Suzano. Quantidade imensa de meandros abandonados que traduz uma ativa dinâmica hidrológica. Esse ambiente geológico exige cuidados especiais na caracterização e delimitação das diferentes feições hidromorfológicas associadas aos leitos atuais desses rios, como de outros que lhes sejam morfologicamente semelhantes.

A Planície Aluvionar corresponde à feição geral que abarca toda a formação sedimentar de origem aluvionar, e que contém registros de toda sua história geológica. Os terraços, por exemplo, são testemunhos de antigos níveis mais altos preteritamente ocupados pelos sedimentos aluvionares, posteriormente retrabalhados pela erosão fluvial. A planície de inundação corresponde a toda a extensão mais baixa da bacia que se estende das margens do rio até os terraços.

A calha corresponde ao canal ocupado pelas águas regulares do rio ao longo do ano. Em condições de enchentes ela é totalmente tomada pelas águas, sem, no entanto, haver extravasamento. É também chamada de seu leito menor.

Em condições de pluviosidade mais severa, com períodos de recorrência de periodicidade anual, ocorrem as inundações e há o extravasamento da calha com as águas fluindo pelo leito maior, coincidente com a parte mais baixa e interior da planície de inundação, que também pode ser entendida como a várzea propriamente dita. Cumpre o papel de dar plena vazão às águas fluviais nas circunstâncias pluviais descritas.

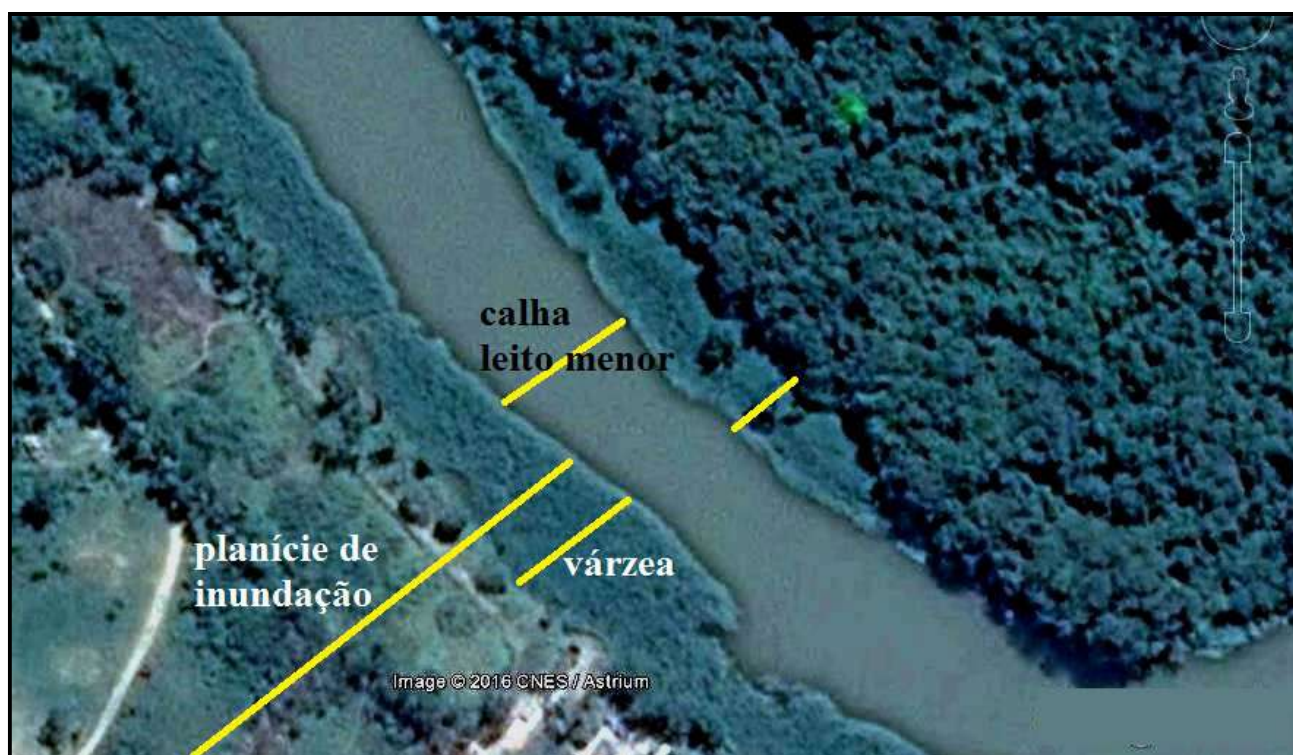
Em ocasiões de pluviosidades excepcionais, com períodos de recorrência de periodicidade pluridecenal (contabilizado em dezenas de anos), zonas da planície de inundação imediatamente contíguas ao leito maior podem ser atingidas pelas inundações. Esta zona cumpre o papel geral e permanente de retenção de parte das águas pluviais, retardando sua chegada ao rio, como de receber as águas de extravasamentos excepcionais, com isso aliviando as regiões ribeirinhas à sua jusante.

Já, independentemente da intensidade pluviométrica, a zona mais externa e alta da planície de inundação, como também os terraços, já não são mais atingidas pelas inundações. Esses dois compartimentos cumprem a função de retenção de águas pluviais, reduzindo seu volume e diluindo o tempo de sua chegada ao rio.

Por fim, cumpre lembrar a possibilidade de ocorrência de uma feição denominada dique marginal, que corresponde a uma estreita faixa topograficamente saliente, normalmente descontínua, contígua às margens de rios de baixa declividade.

Enfim, qual seja a terminologia adotada é fundamental que se reconheça as diferentes feições hidromorfológicas descritas, suas diferentes características e funções ambientais.

Por exemplo, caso se queira adotar o termo várzea como sinônimo de toda a planície de inundação, há que se considerar que essa várzea é constituída de segmentos com diferentes características, comportamentos e funções, e assim distingui-los e considerá-los nas decisões sobre a possibilidade de sua ocupação urbana.





Trecho do rio Paraíba do Sul no município de Aparecida-SP. Acima, época de estiagem, correndo em sua calha, ou seja, em seu leito menor. Abaixo, época de chuvas intensas de período anual de recorrência, ocupando suas várzeas e correndo em seu leito maior.

Sobre as necessárias diferenças de abordagem das questões ambientais na cidade e no meio rural. As áreas úmidas nos perímetros urbanos.

As cidades constituem a mais radical e severa intervenção modificadora do homem no meio físico geológico, compondo um novo e particular ambiente, total e inexoravelmente diverso do ambiente natural então imperante no território virgem.

Ou seja, o meio urbano é um ambiente absolutamente desnaturalizado (aqui no sentido exato da palavra, ou seja, que não guarda e não se propõe a obrigatoriamente guardar relações e dependências diretas com o meio natural original). A cidade foi feita pelo Homem para atender suas necessidades em abrigo, defesa do grupo, produção econômica e trocas comerciais, convívio social, cultura, lazer, vida material e espiritual, etc., etc., no padrão de qualidade da vida em que decidiu viver, e esses objetivos são permanentes; e nos devem ser, especialmente aos técnicos e administradores públicos, onipresentes.

Atributos ambientais válidos para o meio rural, e básicos no atual Código, como biodiversidade de flora e fauna, corredores biológicos, exploração sustentável de florestas, etc., não fazem o mínimo sentido para as cidades. Nesse cenário, o cidadão urbano prover-se-á de altos níveis de qualidade espiritual e ambiental de vida não por buscar ingênua e insanamente retornos ao ambiente natural original, mas, sim, com sua deliberação e inteligência, por dotar o novo ambiente dos requisitos naturalizantes indispensáveis à saudável e feliz existência humana.

Considere-se, por exemplo, que as áreas florestadas no espaço urbano podem ser criadas deliberadamente e em qualquer tipo de terreno ou situação geográfica pela administração pública e pelos agentes privados, ou seja, não necessariamente teriam que ser resultado da manutenção de corpos florestais naturais originais.

Essa mesma percepção das radicais diferenças entre o espaço urbano e o espaço rural leva a considerar sob outra ótica a questão da preservação de áreas úmidas, como várzeas, planícies de inundação, brejos, pântanos internos ao perímetro urbano. Esses ambientes devem ser considerados de alto risco se os abordamos do ponto de vista sanitário, de saúde pública. Tem sido gravíssimas as epidemias associadas a vetores insetívoros que tem nesses ambientes sua condição de maior reprodução.

Essa é uma condição que sugere a necessidade de se lidar com áreas úmidas urbanas de uma forma diferenciada, que pode incluir a decisão de sua não preservação em condições naturais, mas sim de sua ocupação desde que cumpridas exigências que eliminem a possibilidade de instalação de áreas de risco e que compensem a capacidade de retenção de águas de chuva natural a esse tipo de feição.

Sobre as áreas de risco a inundações e a fundamental importância de se considerar o parâmetro tempo, ou seja, a periodicidade das inundações, seu tempo de recorrência

Além dos trágicos desastres associados a enchentes e deslizamentos, mais conhecidos por sua ampla repercussão jornalística, as cidades brasileiras arcam com vários outros graves e crônicos problemas decorrentes de erros técnicos cometidos na ocupação de espaços urbanos. Ocorrendo de uma forma mais difusa, mas não menos deletéria do ponto de vista econômico, social e ambiental, destacam-se entre esses problemas: abatimentos e recalques de terrenos com comprometimento de edificações de superfície, solapamentos de margens de cursos d'água, colapso de obras superficiais e subterrâneas, patologias diversas em fundações e estruturas civis, contaminação de solos, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, deterioração precoce de infraestrutura urbana, acidentes ambientais, degradação do meio físico geológico e hidrológico, perda de mananciais, etc.

Entre as tecnologias e ferramentas técnicas produzidas para a correta gestão dessa enorme problemática decorrente do desencontro entre o crescimento urbano e as características geológicas, geotécnicas e hidrológicas de seu território de suporte, destacam-se a Carta de Riscos e a Carta Geotécnica.

A Carta de Riscos delimita em uma área ou região já ocupada as zonas ou os compartimentos submetidos a um determinado tipo de risco, por exemplo, riscos a inundações, definindo os diferentes graus de risco e estabelecendo as providências necessárias associadas a cada um desses graus. A Carta de Riscos é geralmente elaborada para uma situação já com problemas detectados ou ocorridos, constituindo um instrumento de ações de Defesa Civil e/ou reorganização da ocupação. As Cartas de Riscos relacionam-se diretamente com Planos Emergenciais e Contingenciais de Defesa Civil.

Destaca-se que a Carta de Riscos não decide sobre a ocupabilidade ou não de uma determinada área, mas sim sobre os riscos inerentes a essa determinada ocupação, do que se depreende que uma área definida como de risco poderá ser naturalmente ocupada desde que esse risco seja, por algum tipo de providência, eliminado.

Por exemplo, o trecho da planície de inundação imediatamente contíguo ao leito maior de um rio (ou, em outras palavras, à sua várzea propriamente dita) caso teoricamente esteja sujeito a inundações de caráter pluridecenal, ou seja, com tempo de recorrência medido em décadas, constituiria uma área de risco, por certo de baixo grau, frente a esse tipo de evento.

O bom senso nos sugere que, consideradas a necessidade de atender as demandas de expansão das cidades e a grande dimensão do tempo de recorrência de uma inundação, não haveria porque proibir a ocupação urbana dessa área. O que é correto é exigir como

condição de sua ocupação, a plena eliminação do risco a ela referido. No caso, essa providência se consubstanciaria, por exemplo, em um aterramento que elevasse a cota do terreno a um nível de total segurança, ou seja, que em hipótese alguma viesse a ser alcançado por qualquer tipo de inundação.

Duas outras condições deverão ser exigidas para a ocupação urbana desse tipo de área. Do ponto de vista hidrológico, que os empreendimentos que aí se instalassem, como de sorte em toda a planície de inundação, deveriam adotar expedientes de acumulação de águas de chuva que compensassem o natural papel dessas áreas na retenção de águas de chuva e no retardamento de seu escoamento para o canal fluvial. Do ponto de vista geotécnico, que esses empreendimentos não se utilizassem de operações de rebaixamento forçado do lençol freático para a instalação de pavimentos de subsolo.

Sobre a legalidade da ocupação urbana de áreas pertencentes às planícies de inundação

Não existe na legislação brasileira nenhuma restrição legal para a ocupação urbana de terrenos que se encontrem em setores de planícies de inundação fora de APPs, conforme definidas no atual Código Florestal. E vale registrar que a única APP aplicada a essa condição fisiográfica é aquela relativa ao próprio curso d'água, ou seja uma faixa de terreno de extensão associada à largura do curso d'água, e demarcada a partir da borda da calha de seu leito regular.

A única condição para que, além da APP do curso d'água, uma planície de inundação, ou um setor dessa planície, se torne também uma APP, assim não admitindo qualquer tipo de ocupação urbana ou rural, está na aplicação voluntária do Art. 6º do atual Código Florestal, que confere ao Poder Executivo o direito de declarar como de preservação permanente áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação que devam cumprir finalidades especiais.

Obviamente, manda o bom senso que essa a ocupação urbana de setores da planície de inundação deverá instalar-se em compartimentos que estejam fora de alcance das inundações com tempo de recorrência em escala anual, optando por setores apenas sujeitos a riscos de inundações com tempo de recorrência pluridecenal, ou já completamente livres de riscos de inundações.

No caso de ocupação de setores da planície de inundação que estejam sujeitos a riscos de inundações com período de recorrência pluridecenal, como já foi dito, esse risco deverá ser totalmente eliminado via a adoção de providências de engenharia, como por exemplo o aterramento elevando o terreno acima da cota de inundação, a construção sobre pilotis, a execução de diques de proteção, etc.

4.24 - DUNAS E RESTINGAS, UM IMBROGLIO AMBIENTAL CRIADO E ALIMENTADO POR EXCESSO DE AMADORISMO E ESCASSEZ DE CIÊNCIA

Os conflitos judiciais envolvendo ocupações em áreas de dunas e restingas tem se multiplicado exponencialmente nos últimos anos, na mesma escala do crescimento de nossas cidades litorâneas, com especial destaque para o setor do turismo e do lazer.

A produção desses conflitos, como as enormes dificuldades em superá-los, explicam-se, como outros tipos de conflitos judiciais-ambientais brasileiros, no fato da elaboração de nosso Código Florestal e legislações decorrentes ter respondido muito mais à um empenho de acomodação e atendimento de interesses do que a uma racionalidade fundamentada em sólidas, e por isso inquestionáveis, bases científicas.

Cumpra ainda destacar como fator contribuidor de inúmeras celeumas a inaceitável e absurda convivência legal (aceita por uns e rechaçada por outros) entre as Resoluções CONAMA, como é o caso da 303, emitidas para detalhar e melhor explicitar conceitos e determinações do antigo Código Florestal de 1965, com o atual Código Florestal de 2012.

Considere-se ainda nesse cenário ambiental confuso e conflituoso o fato, hoje consensual entre todos que militam na área ambiental, do Código Florestal brasileiro ser totalmente inadequado para o regramento das questões ambientais próprias do singular espaço urbano e peri-urbano, uma vez que toda sua elaboração foi inspirada e pautada por uma problemática intrinsecamente rural.

Colabora muito também para a alimentação desses conflitos, ressalvadas não raras exceções, um certo despreparo científico e a pouca experiência comuns a vários profissionais atuantes na área pública e na área privada de consultoria e serviços ambientais para uma correta identificação em campo e para o entendimento da gênese, da dinâmica evolutiva e da diversidade tipológica das diversas feições geológicas, hidrogeológicas e geomorfológicas mais frequentemente polemizadas, tais como nascentes, várzeas, planícies de inundação, veredas, mangues, encostas, dunas e restingas.

Em que pese todo esse imbróglio, tentaremos nesse artigo colaborar para um melhor entendimento, e, portanto, para um mais adequado equacionamento das questões normativas envolvidas no trato das feições geológicas dunas e restingas.

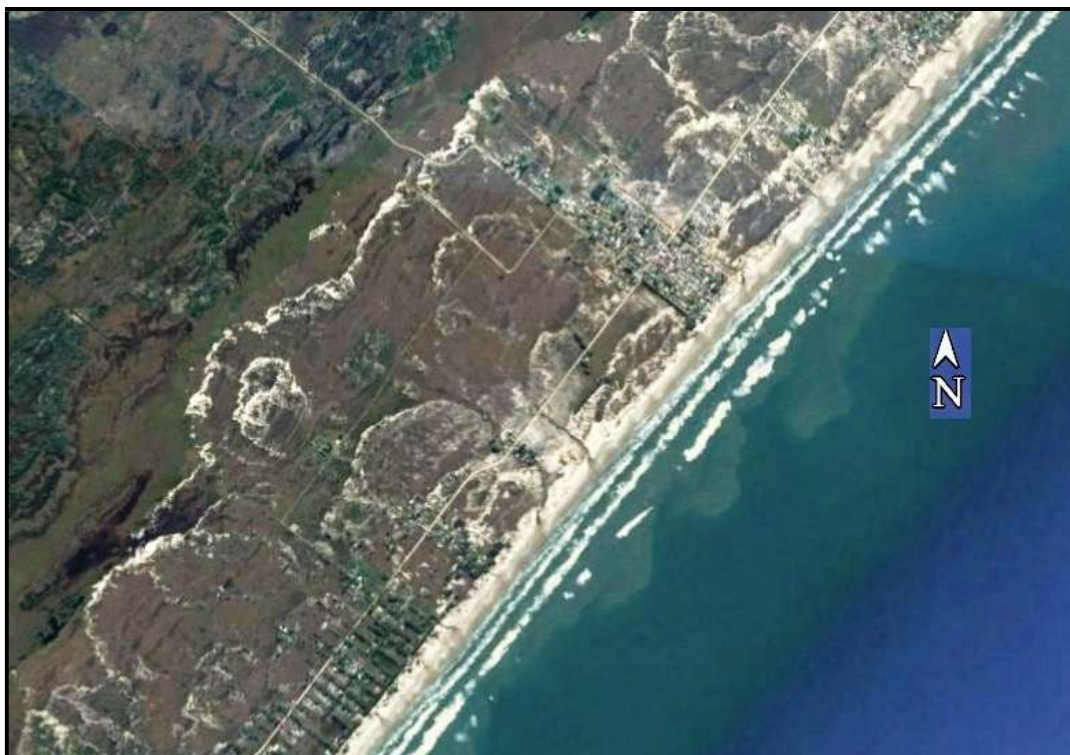
Do ponto de vista conceitual há hoje uma clara confluência entre os diversos dicionários e glossários geológicos e geomorfológicos brasileiros, como entre pesquisadores e autores de alguma forma associados ao tema, quanto ao entendimento do significado de dunas e restingas, o que pode ser expresso pelos seguintes conceitos:

Dunas costeiras: feição geológica costeira constituída por acumulações de areias quartzosas finas homogêneas na retaguarda da orla marítima e resultantes exclusivamente da ação de ventos na remoção de areias praias, em seu transporte e em sua deposição. As dunas morfologicamente constituem elevações de relevo em forma de morros isolados, mostrando taludes mais suaves a barlavento e taludes mais íngremes a sotavento. Um campo de dunas pode abrigar os mais variados tipos de dunas em todos seus estágios de evolução, ou seja, dunas móveis, dunas fixas ou semi-fixas, superfícies de deflação, lagoas interdunares, etc., assim como várias gerações de dunas formadas ao longo do tempo geológico refletindo as mudanças climáticas, em especial no regime de ventos, que se operaram ao longo do período Quaternário.

Restingas: feição geológica costeira constituída de areias quartzosas predominantemente grossas em forma de cordões de relevo paralelos à linha de praia. Esses cordões tem origem primária marinha subaquática, refletindo os efeitos de dinâmica marinha rasa em ocasiões geológicas marcadas por transgressões marinhas (níveis do mar superiores ao atual) ao longo do Quaternário. É comum observar-se a formação de lagoas nas depressões de relevo entre as cristas arenosas elevadas.

Como se depreende, os conceitos de dunas costeiras e restingas envolvem aspectos associados à sua gênese, à sua morfologia e à sua evolução.

Em conclusão, dunas costeiras e restingas são feições geológicas inteiramente diferentes em sua gênese, em sua morfologia e em seus processos de evolução e desenvolvimento.



Campo de dunas do litoral sul catarinense. Notar as bordas de evolução das diversas gerações de dunas.



Campo de restingas no litoral do estado do Rio de Janeiro – município de Macaé. Notar a nítida diferenciação (cordões paralelos à praia) de paisagens em relação ao campo de dunas mostrado na foto anterior.

Ambas feições geológicas, dunas costeiras e restingas, apresentam característica formação botânica conhecida como vegetação de restinga, e que pode assim ser conceituada:

Vegetação de Restinga: característica formação botânica típica das feições geológicas dunas costeiras e restingas constituída por espécies halófilas (adaptadas a ambientes de maior salinidade) e psamófilas (adaptadas a solos arenosos de baixa ou nenhuma edafização), em crescente diversidade e porte de espécies na medida que se distanciam da linha de praia. Em muitas regiões brasileiras essa vegetação é conhecida popularmente por jundu. É a condição de presença e densidade dessa vegetação que essencialmente determina o estado de evolução e estabilidade de uma formação de dunas: móveis, semi-fixas, fixas.

Diz respeito justamente a essa vegetação típica uma das grandes confusões terminológicas conceituais sobre o tema, e que tem gerado interpretações conflituosas quanto ao conteúdo de legislações que tratam da matéria. Equivocadamente o termo restinga tem sido comumente utilizado como sinônimo da vegetação típica das feições geológicas dunas costeiras e restingas. Os códigos florestais de 1965 e 2012, assim como resoluções do CONAMA que tratam dessa matéria, contribuem para essa trapalhada terminológica, pois enquanto seu glossário legal adote uma definição correta para restinga e para duna, enquanto feições geológicas, vide trechos transcritos a seguir, alimentam uma outra interpretação quando tratam do estabelecimento de APP – Área de Preservação Permanente para a feição restinga ao adotar a confusa expressão “*restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues*”.

RESOLUÇÃO CONAMA 303 (2002)

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

(...)

VIII - restinga: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do substrato do que do clima. a cobertura vegetal nas restingas ocorre em mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado.

X - duna: unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômoro ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação;

CÓDIGO FLORESTAL 2012

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

(...)

XVI - restinga: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, com cobertura vegetal em mosaico, encontrada em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado;

Duna: o Código Florestal não registra o conceito de duna.

É preciso que a comunidade ambiental e geológica, assim como nossos legisladores e profissionais de órgãos de fiscalização e gestão ambiental, empenhem-se em desfazer esse equívoco, **Restinga** é uma feição geológica, nos termos da definição anteriormente registrada nesse artigo e no Código Florestal atual em seu art. 3º, XVI. A vegetação halófila/psamófila típica das feições geológicas dunas costeiras e restingas deve ser nomeada claramente como **Vegetação de restinga**, sem abreviações ou simplificações

Quanto à categorização de feições como Áreas de Proteção Permanente - APPs, ainda que sem clara justificativa científica para tanto e em formulação confusa, o novo Código Florestal não deixa dúvidas, somente as restingas são distinguidas com tal qualificação, ou seja, como APPs. O novo Código exclui totalmente a feição duna dessa abordagem de proteção. Aliás, nem mesmo consta do glossário oficial do novo Código alguma definição sobre a feição duna:

“Art. 4º - considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta lei:

(...)

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;”

Em seu Artigo 6º o novo Código insiste em sua escolha:

“Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

(...)

II - proteger as restingas ou veredas;”

Já a Resolução CONAMA 303, associada ao antigo Código Florestal de 1965, estabelece:

Art. 3º - Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

(...)

XI - em duna;

Como se observa, por mais paradoxal que possa parecer, o atual Código Florestal em nenhum de seus dispositivos inclui as dunas ou os campos de dunas como áreas que devam ser objeto da delimitação de APPs.

Dessa constatação poder-se-ia concluir como natural uma reivindicação de caráter ambientalista pleiteando, por alteração ou suplementação do atual Código, a inclusão das dunas como feição geológica a ser considerada como Área de Preservação Permanente.

Porém, para espaços urbanos e peri-urbanos uma restrição de ocupação com esse caráter tão generalizante, seja para o caso de restingas, seja para o caso de dunas, expressaria um exagero conservacionista e uma falta de sintonia com a realidade brasileira, com isso transformando-se em uma decisão equivocada e fadada ao insucesso prático.

Vamos ao caso, tendo em conta ser o Brasil um país com imensa orla litorânea, 7.500 km, onde se concentra grande parte de suas maiores cidades e de sua população, e tendo

as feições dunas e restingas presentes em vários trechos litorâneos de seus estados da frente atlântica, a simples e genérica proibição de ocupação de zonas de restingas e dunas conduziria a situações insustentáveis de conflitos envolvendo as naturais necessidades e pressões de desenvolvimento urbano.

No âmbito do objetivo de conservação ambiental de ecossistemas de dunas e restingas decisão mais inteligente e ambientalmente mais eficaz seria, como se tem constatado na prática, ao invés de se trabalhar com restrições definidas no Código Florestal e legislações congêneres, trabalhar com políticas públicas ambientais que conduzam à criação de grandes unidades de conservação/parques ambientais no interior dos quais seria terminantemente proibido qualquer tipo de ocupação humana. Esses parques abrangeriam zonas de restingas e dunas que ainda apresentam-se em estado natural ou com incipiente intervenção humana. A grande extensão desses parques constitui atributo fundamental para a preservação dos processos naturais envolvidos na dinâmica evolutiva de dunas e restingas e de suas características ecológicas, enquanto ecossistemas específicos, a exemplo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, no município de Quissamã – RJ, do Parque de Dunas de Salvador, no município de Salvador – BA, do Parque das Dunas de Natal, município de Natal – RN, do Parque Natural das Dunas da Sabiaguaba, município de Fortaleza – CE, entre outros.

As áreas de dunas e restingas externas a esses parques seriam liberadas à ocupação humana controlada, para a qual deveriam ser observados os cuidados pertinentes à sua reconhecida vulnerabilidade ambiental, com destaque à franca possibilidade de contaminação de aquíferos e à instalação de processos erosivos. Necessário também se faz impor restrições a terraplenagens extensas e o estabelecimento de uma cota topográfica mínima a ser respeitada, de tal forma a que as áreas de dunas ou restingas liberadas à ocupação continuem cumprindo sua importante função de proteção das zonas mais interiores contra a ação de ressacas e avanços marinhos.

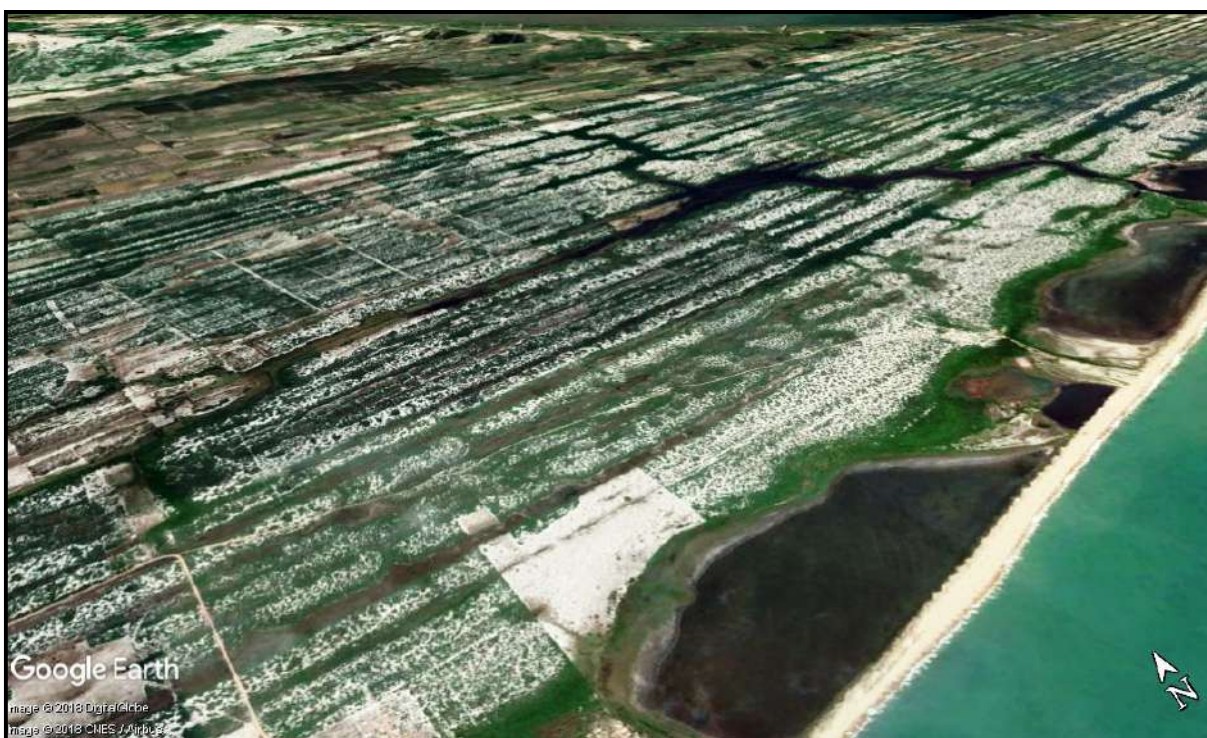
Importante salientar que de forma alguma áreas liberadas à ocupação urbana controlada poderiam ser objeto de extração de areia para fins industriais ou construtivos.



Parque das Dunas de Natal – RN



Parque das Dunas de Salvador – BA



Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Quissamã – RJ



Campo de dunas móveis - RGS

4. 25 - ESTÃO A EXIGIR MUITO DAS MATAS CILIARES

Grande parte de nossos ambientalistas, por falta de uma mais acurada observação de fundamentos técnico-científicos teóricos e práticos, vem cometendo grave erro ao se preocuparem apenas com as questões associadas à proteção de nascentes e matas ciliares no contexto de suas lutas e propostas para recuperação e preservação de nossos recursos hídricos. Com esse cacoete comportamental, infelizmente promovido e disseminado pela transversa abordagem que o Código Florestal adota para a questão, esquecem-se por completo do papel essencial que, nessa equação hidrogeológica, jogam as amplas vertentes de uma bacia hidrográfica.

No âmbito dessa enorme incompreensão, o movimento ambientalista brasileiro, ao depositar às matas ciliares e aos entornos próximos de uma nascente a responsabilidade maior de proteção de recursos hídricos naturais, está a exigir-lhes um desempenho que isoladamente são totalmente incapazes de atender.

Na verdade, o que acontece a uma nascente e ao curso de água a que ela dá início é decorrência direta do que acontece nas amplas vertentes de sua sub-bacia hidrográfica. Lembrando que as vertentes correspondem às regiões que se estendem do curso d'água até os divisores de água que delimitam a sub-bacia, constituindo a área de recarga do lençol freático que a sustenta.

Desmatamentos e adoção de técnicas agrícolas equivocadas e destrutivas provocam uma contínua perda da capacidade de infiltração de águas de chuva nas vertentes, do que decorre o aumento do escoamento superficial e o conseqüente rebaixamento do lençol freático. Com a redução de sua alimentação e com seu rebaixamento o lençol subterrâneo deixa de cumprir sua plena capacidade de alimentar nascentes e cursos d'água.

De outra parte, com o aumento do escoamento superficial há a instalação de processos erosivos e assoreadores e o empobrecimento dos solos por lixiviação de nutrientes. Ao

mesmo tempo, em situações de alta pluviosidade, um grande volume de água de escoamento superficial chega mais rapidamente ao curso d'água, aumentando bruscamente sua vazão; com isso erodindo margens e afetando a vegetação ciliar. Ou seja, os maus-tratos impostos às vertentes degradam as variáveis ambientais e o potencial econômico de toda uma sub-bacia hidrográfica.



Nascentes e curso d'água em processo de extinção em sub-bacia hidrográfica com vertentes degradadas (interior paulista)

O mesmo raciocínio hídrico vale tanto para a área rural como para a área urbanizada. Nessa, por exemplo, o efetivo combate às enchentes deverá se dar por intervenções corretivas difusas nas vertentes objetivando a recuperação de sua capacidade em reter e infiltrar águas de chuva, diferentemente da prática atual que insiste e prioriza unicamente a intervenção nas calhas hidrográficas em busca do aumento de suas vazões.

Por fim, aconselho a todos uma proveitosa atenção aos textos técnico-científicos produzidos pelo Prof. Osvaldo Ferreira Valente, professor titular aposentado da Universidade Federal de Viçosa (UFV), engenheiro florestal especialista em hidrologia e manejo de pequenas bacias hidrográficas, autor do livro “Conservação de nascentes – Produção de água em pequenas bacias hidrográficas”.

4.26 - ÁREAS DE RISCO PARA A ENGENHARIA EM CALCÁRIOS CÁRSTICOS: MODELAGEM GEOLÓGICA E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Resumo

Diante do crescimento da ocupação física de seu país a engenharia brasileira precisa alertar-se e preparar-se para um crescente enfrentamento de riscos geológico-

geotécnicos colocados por feições calcárias cársticas. A experiência já acumulada nesse tema indica que a escolha das medidas de engenharia que possam ser adotadas dependem radicalmente para seu sucesso da qualidade do modelo geológico que deve ser elaborado para cada caso em particular. O trabalho expõe diversos aspectos do fenômeno e registra a experiência do autor no estudo e tratamento de problemas cársticos na região de Cajamar, município da Região Metropolitana de São Paulo.

Introdução

Com o progressivo crescimento das cidades e da ocupação física do território brasileiro por atividades próprias da agricultura, da mineração e da infraestrutura civil, e consideradas as numerosas expressões calcárias de nossas formações geológicas, tem-se multiplicado os problemas e os riscos associados à presença de estruturas e fenômenos cársticos.

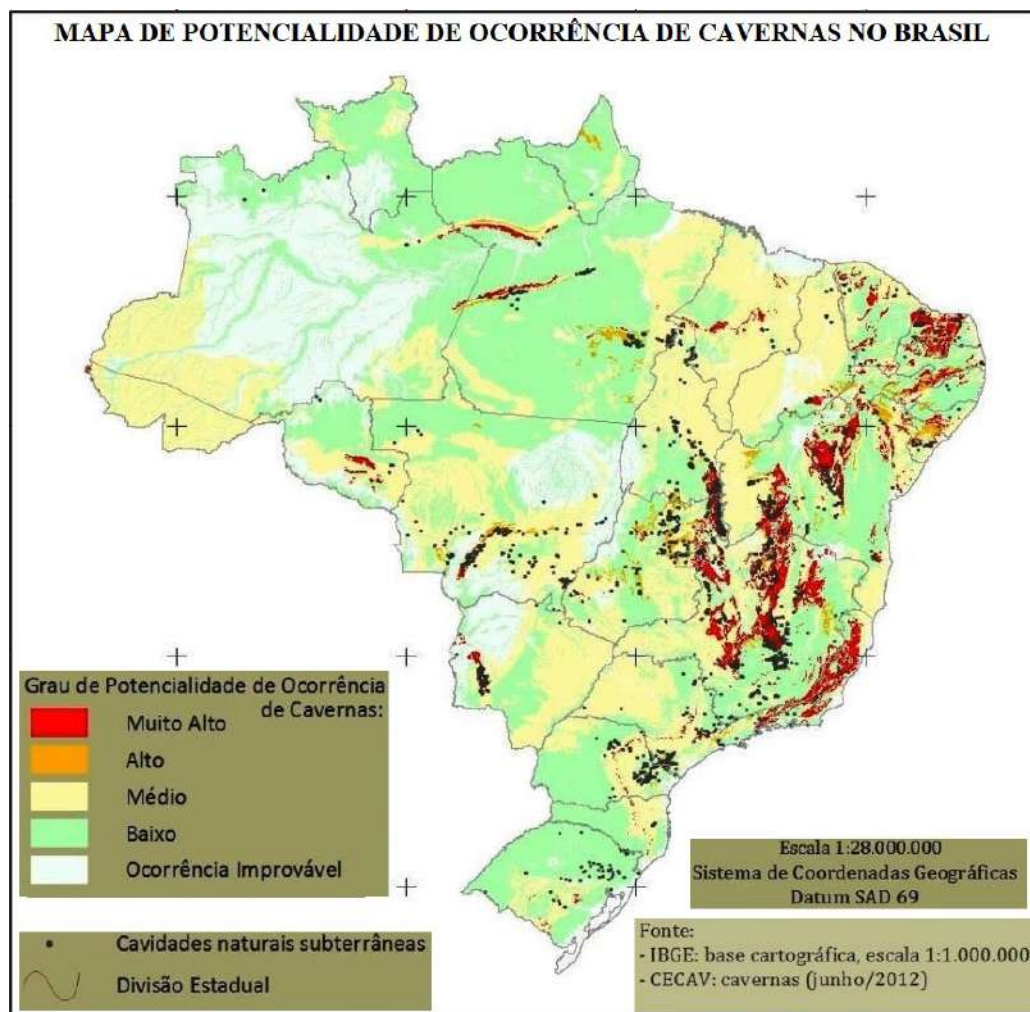
Bastante exigida nos EUA, países europeus e asiáticos, a Geotecnia Cárstica constitui, no entanto, uma área técnica ainda incipiente para a Geologia de Engenharia e a Engenharia Geotécnica brasileiras, pelo que se torna imperativa e fundamental uma maior troca de experiências profissionais com o problema, como também uma atenção especial a estudos e pesquisas que se aprofundem na compreensão dos fenômenos cársticos e nas soluções de engenharia mais adequadas para enfrenta-los.

Esse é o exato objetivo desse artigo, colaborar para trazer o tema para a pauta da Geotecnia brasileira e dar conhecimento mais amplo sobre trabalhos que o autor vem conduzindo, com destaque ao município de Cajamar no Estado de São Paulo, e às conclusões geológicas e soluções de engenharia que, a propósito, tem sido desenvolvidas.

Rápido histórico de problemas geotécnicos associados a fenômenos cársticos no Brasil

Com diferentes consistências em sua descrição foram já relatados os seguintes casos de subsidências ou fenômenos cársticos no país: Mairinque - SP, Cajamar - SP, Sete Lagoas - MG, Almirante Tamandaré PR, Bocaiúva do Sul - PR, Colombo - PR, Vazante - MG, Teresina - PI, Lapão - BA, Vespasiano - Confins - MG, Jaíba - MG, Irecê - BA, Vale do Ribeira - SP. Muitos outros eventos similares por certo já aconteceram por todo o país, mas que, por motivos vários, não obtiveram repercussão de mídia e/ou devida atenção de especialistas para sua análise e registro técnico.

Cajamar e Mairinque estão situadas em rochas calcárias do Grupo São Roque, Sete Lagoas e Vazante em calcários do Grupo Bambuí, Lapão em calcários do Grupo Una, as cidades paranaenses em calcários do Grupo Açungui. As subsidências verificadas em Teresina estão associadas a lentes calcárias pertencentes à Bacia Sedimentar do Parnaíba.



Não há um mapeamento de corpos calcários no Brasil. Cabe como referência razoável dessas ocorrências o Mapa de Potencialidades de Ocorrência de Cavernas acima reproduzido.



O famoso Buraco de Cajamar, colapso ocorrido em agosto de 1986 no bairro de Lavrinhas. Foto arquivo IPT

Os diferentes processos de carstificação

As feições de dissolução cárstica podem ter origem hipogênica, quando as dissoluções são promovidas por águas interiores hidrotermais ácidas ascendentes, ou epigênica, quando as dissoluções são promovidas por águas meteóricas ácidas que se dirigem para um determinado nível hidrológico de base regional. Não são raros carstes de origem hipogênica retrabalhados por processos epigênicos.

As rochas calcárias são rochas carbonáticas, em que predominam os carbonatos de cálcio (CaCO_3) e magnésio (MgCO_3), que as compõem em diferentes proporções, formando então os calcários calcíferos (mais ricos em carbonato de cálcio) e os calcários dolomíticos (mais ricos em carbonato de magnésio). No âmbito dos processos epigênicos as águas de chuva (H_2O) interagem com o gás carbônico (CO_2) do ar produzindo um ácido fraco, o ácido carbônico (H_2CO_3). Essas águas assim levemente acidificadas, ao encontrar um maciço calcário fraturado, penetram por essas descontinuidades e vão lentamente, através do tempo geológico, dissolvendo a rocha e produzindo vazios que podem evoluir para grandes fendas, cavernas e canais por onde fluem as águas interiores. A maior parte das famosas e belas cavernas brasileiras, com suas estalactites e estalagmites, são feições originadas desse fenômeno de dissolução de rochas calcárias.

Os problemas geotécnicos e ambientais próprios de terrenos cársticos

O principal fenômeno cárstico de interesse da engenharia é o abatimento, brusco ou lento, de terrenos. Esses abatimentos, que podem destruir por completo edificações de superfície, colocando em risco patrimônios e vidas humanas, podem ser decorrentes do colapso de um teto de caverna, de contínua migração do solo de cobertura para o interior de vazios na interface solo/rocha ou na própria rocha calcária.

Tão mais prováveis serão os abatimentos quanto mais próximos da superfície estejam os vazios do maciço rochoso ou os vazios da zona de interface solo/rocha e do próprio horizonte de solos sobreposto à rocha sã.

Em boa parte do território brasileiro, por decorrência de seu clima tropical úmido, as rochas calcárias cársticas estão cobertas por uma camada de solos de espessura variada, são os chamados carstes cobertos, o que torna muito comum o abatimento decorrente de vazios residuais na camada de solos ou vazios resultantes da migração de solo para o interior de vazios subterrâneos. Carstes exumados, ou seja, calcários cársticos em superfície ou muito próximos à superfície, são mais comuns em climas áridos, onde as condições ambientais inibem a ação do intemperismo químico produtor de solos.

Um outro grande risco advindo da ocupação de terrenos cársticos está relacionado à construção de reservatórios de água (barragens para produção de energia ou abastecimento). As águas do reservatório podem migrar em grande vazão para os vazios da rocha calcária, não só impedindo o completo enchimento do lago, como provocando variações de nível, fluxo e pressões no lençol subterrâneo, o que, de sua parte, coloca em risco a própria obra da barragem, como também outras edificações próximas.

Do ponto de vista ambiental os terrenos cársticos, pela possibilidade de franca e rápida comunicação entre águas superficiais e águas subterrâneas, obrigam um redobrado cuidado para que se evite a contaminação do lençol freático. Nessas condições deverá ser severamente evitada em regiões cársticas a instalação de empreendimentos geradores de riscos de contaminação do solo e da água subterrânea, como indústrias utilizadoras ou produtoras de produtos químicos perigosos, disposição precária de lixo ou resíduos contaminantes no meio rural e urbano, cemitérios, depósitos vários de substâncias contaminantes, etc.

O importantíssimo fator hidrogeológico na evolução dos fenômenos cársticos

Quase sempre a aceleração de um processo de afundamento de terreno em regiões cársticas está associada a rebaixamentos do lençol de água subterrâneo, ou como consequência de um longo período de estiagem pluviométrica ou como decorrência direta de algum tipo de interferência humana, especialmente uma excessiva exploração de água subterrânea através de poços profundos. O rebaixamento do lençol freático implica na quebra do equilíbrio hidrostático subterrâneo e no direcionamento de redes de fluxo para o interior das cavidades com decorrente carreamento de solos.

A importância da modelagem geológica

Ainda que os diferentes terrenos cársticos tenham elementos estruturais e fenomenológicos em comum, a experiência prática nacional e internacional tem mostrado ser essencial a elaboração de um exato modelo geológico específico para cada caso com que os empreendimentos humanos se defrontem. Será esse modelo geológico - no qual devem ser destacadas em importância a distribuição espacial das diversas feições de interesse, os elementos fenomenológicos implicados em possíveis subsidências e a dinâmica hidrogeológica natural e induzida - que orientará as decisões de engenharia a serem tomadas. Sem a referência de um modelo geológico fatalmente essas decisões ficarão sujeitas a uma considerável margem de insegurança, portanto incorporando sérios riscos construtivos e operacionais para o pretendido empreendimento.

Terrenos calcários, áreas de risco potencial para a engenharia e o meio ambiente

Depreende-se que os terrenos calcários, pela possibilidade de apresentar feições cársticas, devem ser entendidos como típicas **áreas de risco** para o meio ambiente e para a ocupação humana por obras de engenharia: cidades, barragens, termoeletricas, instalações industriais, estradas, dutos, linhas de transmissão, etc., sugerindo, portanto, cuidadosa investigação anterior a qualquer decisão de engenharia. De tal forma que, detectadas e estudadas as feições cársticas, ou o empreendimento humano em questão possa ser deslocado para situações geologicamente mais seguras ou, impedido ou desaconselhado esse deslocamento, possa-se adotar as medidas necessárias para que acidentes e futuros problemas venham a ser evitados.

Decisões mais comuns frente à constatação de feições cársticas no terreno de interesse

Como já referido, uma vez constatadas feições cársticas que determinem risco para o empreendimento a ser implantado, a primeira opção que se apresenta é o deslocamento desse empreendimento para área geológica segura, o que em algumas situações poderá ser viabilizado com simples reposicionamento espacial do empreendimento dentro da própria gleba a ser ocupada. Uma vez essa decisão não sendo possível, cabem duas decisões alternativas subsequentes: a escolha do tipo de fundação mais apropriado (no caso de edificações) e a determinação de se tratar ou não as cavidades subterrâneas. Quanto às fundações, esse tema será considerado em maior detalhe mais adiante nesse trabalho. Quanto a um possível tratamento dos vazios, a medida mais comumente cogitada é a injeção de calda de cimento, com o que se procuraria obturar os vazios subterrâneos envolvidos na evolução do fenômeno de subsidência. A experiência tem mostrado que esse tipo de tratamento deve exigir, para sua adoção e cálculo, um perfeito conhecimento do modelo geológico com que se está lidando. Quando os vazios são extensos e encontram-se no próprio maciço calcário rochoso inferior ao horizonte

de solo os volumes injetados tendem a ser enormes e com resultados difíceis de serem avaliados. O melhor resultado que se pode esperar das injeções de calda de cimento está na obturação de vazios quando esses estão circunscritos à interface solo/rocha. Note-se que o objetivo das injeções não está em uma pretensa consolidação geotécnica dos horizontes subterrâneos carstificados, mas em impedir a continuidade dos processos de carregamento de solos para o interior de vazios e no decorrente impedimento que esses vazios migrem em direção à superfície do terreno ou estruturas de fundação.

Obviamente, em dependência do grau de extensão da carstificação presente, resta a alternativa última de se alterar o layout de ocupação da gleba considerada ou até de se cancelar a ocupação do local por empreendimentos de engenharia.

A caracterização geológica dos terrenos cársticos

No Brasil são abundantes os terrenos calcários, e nesses terrenos não são raras as feições cársticas. A identificação dessas feições, pelo levantamento do histórico regional e por exame superficial dos terrenos, é um procedimento fácil e corriqueiro para a geologia. Como também são conhecidas e eficientes as técnicas geológicas diretas (sondagens mecânicas) e indiretas (sondagens geofísicas elétricas) para o mapeamento das condições subterrâneas dos horizontes de solos superiores e dos maciços calcários, identificando a existência ou não de vazios, sua distribuição, seu comportamento hidrogeológico, etc. No entanto, falta ainda que esses procedimentos sejam definitivamente incorporados como uma providência normal e rotineira aos estudos preliminares de obras de engenharia em terrenos calcários, como também aos planos de gestão urbana (Planos Diretores, Cartas Geotécnicas) de cidades já instaladas sobre esse tipo de terreno. De modo que, nesse último caso, esses planos de gestão incorporem, por sua vez, ações de monitoramento permanente e de cuidados preventivos (por exemplo, a proibição da exploração da água subterrânea, ou ao menos sua exploração em condições controladas e limitadas), assim como planos contingenciais de Defesa Civil.

Estudo de caso: Cajamar – SP. Revisão do modelo geológico e soluções de engenharia adotadas

A região de Cajamar, município pertencente à Região Metropolitana de São Paulo, apresenta feições próprias de um típico carste coberto, com a rocha calcária sã sobreposta por um pacote de solos de alteração de ordem de dezenas de metros de espessura. São já razoavelmente conhecidos da engenharia paulista os problemas geológico-geotécnicos advindos das feições cársticas presentes no município.

Com vários eventos já registrados, por certo os dois casos mais emblemáticos dessa tipologia de problemas foram o famoso Buraco de Cajamar, afundamento de grande expressão ocorrido em 1986 no bairro de Lavrinhas dessa cidade, e o comprometimento das fundações da moderna fábrica da empresa de cosméticos Natura, no ano de 1999, situada ao Km 29 da Rodovia Anhanguera.

Note-se que tem sido crescentemente comuns na região casos de impossibilidade de enchimento de estacas hélice contínuas por total fuga do concreto de enchimento para o interior de feições cársticas situadas à base do furo.



Moderna fábrica da Natura contígua à Via Anhanguera, bairro de Polvilho em Cajamar – SP, afetada por fenômenos cársticos. Notar a associação com o vale do rio Juqueri. Foto Natura.

O modelo geológico originalmente adotado para Cajamar

A partir dos estudos realizados pelo IPT a propósito do Buraco de Cajamar adotou-se generalizadamente a hipótese pela qual os vazios originadores dos fenômenos de abatimento situavam-se no interior do maciço rochoso calcário são. Em determinadas circunstâncias haveria a migração de solos para esses vazios, o que os reproduziria na base da camada de solos. Esses vazios assim formados no próprio pacote de solos sobreposto à rocha são poderiam com o tempo migrar em direção à superfície e propiciar um colapso da capa superior de solos.

A adoção desse modelo geológico clássico deu-se em um momento em que a experiência brasileira no trato dessa questão era praticamente nula, tendo a equipe do IPT que trabalhava no caso sido assessorada por dois geólogos do USGS – United States Geological Survey, especialmente convidados para tanto. Esses excepcionais consultores naturalmente aportaram à análise sua experiência em abatimentos cársticos ocorridos no território norte-americano. Dessa forma, foi assumido na ocasião que o grande abatimento cárstico ocorrido teria sido fruto da geração de vazios no pacote superior de solos por uma contínua migração de solos para o interior de cavidades existentes no interior do maciço rochoso sotoposto.

Como decorrência desse modelo, na prática não se recomendaria o tratamento dos vazios cársticos por injeção de calda de cimento (ou produtos similares), pois que quando essa rede de vazios situa-se no interior do maciço rochoso os volumes injetados são normalmente absurdamente grandes e com resultados imponderáveis.

Um novo modelo geológico impunha-se como necessário

Os novos estudos que tenho levado a efeito na região de Cajamar, com a realização de inúmeras sondagens diretas e indiretas em apoio a investigações geológico-geotécnicas para a instalação de grandes empreendimentos, um melhor conhecimento das peculiaridades fisiográficas do município e municípios vizinhos, entrevistas sobre

eventuais problemas de abatimentos de terrenos e um melhor entendimento dos processos geológicos pretéritos de metamorfação das rochas regionais, conduziram-me a questionar a validade do modelo até então proposto levando-me a construir um novo modelo geológico para as feições cársticas da região e fenomenologia associada.

Em resumo, o principal ponto de partida para a concepção do novo modelo geológico foi a constatação que o maciço calcário propriamente dito da região estudada decididamente não é generalizadamente cárstico, ou seja, não apresenta comuns feições cársticas em seu interior e nem registros clássicos dessas feições em sua superfície, condição que contradiz em essência o modelo geológico inicial.

Geologicamente a região de Cajamar é formada por um pacote de rochas metamórficas do Grupo São Roque, Proterozóico Superior, idades entre 600 milhões a 1 bilhão de anos. Nesse pacote predominam, em sequência estratigráfica da base para o topo, micaxistos, filitos, metacalcários e metadolomitos e metarenitos. Não são raras as intercalações de quartzitos e metanfíbolitos no interior dos xistos e dos filitos.

Importante ter em conta que esse pacote de rochas (originalmente sedimentares formadas em ambientes marinhos de águas rasas) está intensamente dobrado, pelo que, a depender da relação entre a geometria dessas dobras e a superfície atual do terreno, essas diferentes litologias podem ocorrer lado a lado, como, por exemplo, em uma situação espacial em que o ápice de uma dobra é interceptado pela atual superfície do terreno.

Principais constatações que conduziram à concepção de um novo modelo

Não há na região de Cajamar evidências clássicas de relevo (dolinas, furnas...) que denotem fenômenos cársticos pretéritos ou recentes na região. Ou seja, não há respostas em superfície, ao menos nítidas e clássicas, a esse tipo de fenômeno. Onde, até hoje, ter sido praticamente impossível se trabalhar com mapeamentos de risco preventivos na região com base na identificação dessas feições.

O conhecimento maior da região e entrevistas com antigos moradores indicam que não há também na região outras evidências específicas clássicas como cavernas, sumidouros, lapas, etc.;

Na totalidade de pedreiras de calcário ativas e abandonadas não há evidências generosas de feições cársticas no interior do maciço calcário são (vide foto); via de regra os maciços são compactos e consistentes;

Nos furos de sondagem a percussão que encontram vazios ou trechos de quase nula resistência à penetração, sistematicamente essas feições situam-se imediatamente acima de topo rochoso do maciço calcário são, no interior da interface solo/rocha, condição em que é comum acontecer total perda da água usada na execução da sondagem;

São comuns na região casos de total fuga do concreto utilizado no preenchimento de estacas hélice contínuas. Essas fugas acontecem quando a parte inferior do cilindro escavado está no interior ou muito próxima da zona de interface solo/rocha.

Os pacotes de solos superficiais e solos de alteração superiores ao maciço são atingem normalmente espessuras que vão de 20 a 80 metros.

É de extrema irregularidade a superfície de contato solo-rocha, podendo comportar desníveis entre pontos próximos na ordem de algumas dezenas de metros. Vide croqui.

Do ponto de vista do relevo, a maior probabilidade de se encontrar essas feições cársticas está em zonas baixas e faixas ao longo de fundos de vales que, em superfície, podem ou não conter cursos de água em seu talvegue.

Nos furos de sondagem rotativa que se aprofundam na rocha são raros ou de pequeno porte os vazios encontrados, sempre mais relacionados à intensidade de fraturamento e

a fraturas abertas na zona superior do maciço do que a fenômenos extensivos de dissolução;

As injeções de calda de cimento executadas mostram que sistematicamente o trecho em rocha são toma volumes muito pequenos de calda, mesmo em traços de alta diluição e pressões elevadas;

As sondagens elétricas (eletro-resistividade) não estão se mostrando resolutivas para a identificação de potenciais vazios em profundidades inferiores a 70m;

Não se tem conhecimento de afundamentos naturais em terrenos intocados pelo homem. Todos os afundamentos ou acomodações de terreno registrados até hoje foram associados a algum tipo de ocupação do terreno e à extração de água subterrânea por poços profundos em pontos próximos, concomitantemente, ou não, a longos períodos de estiagem pluviométrica.

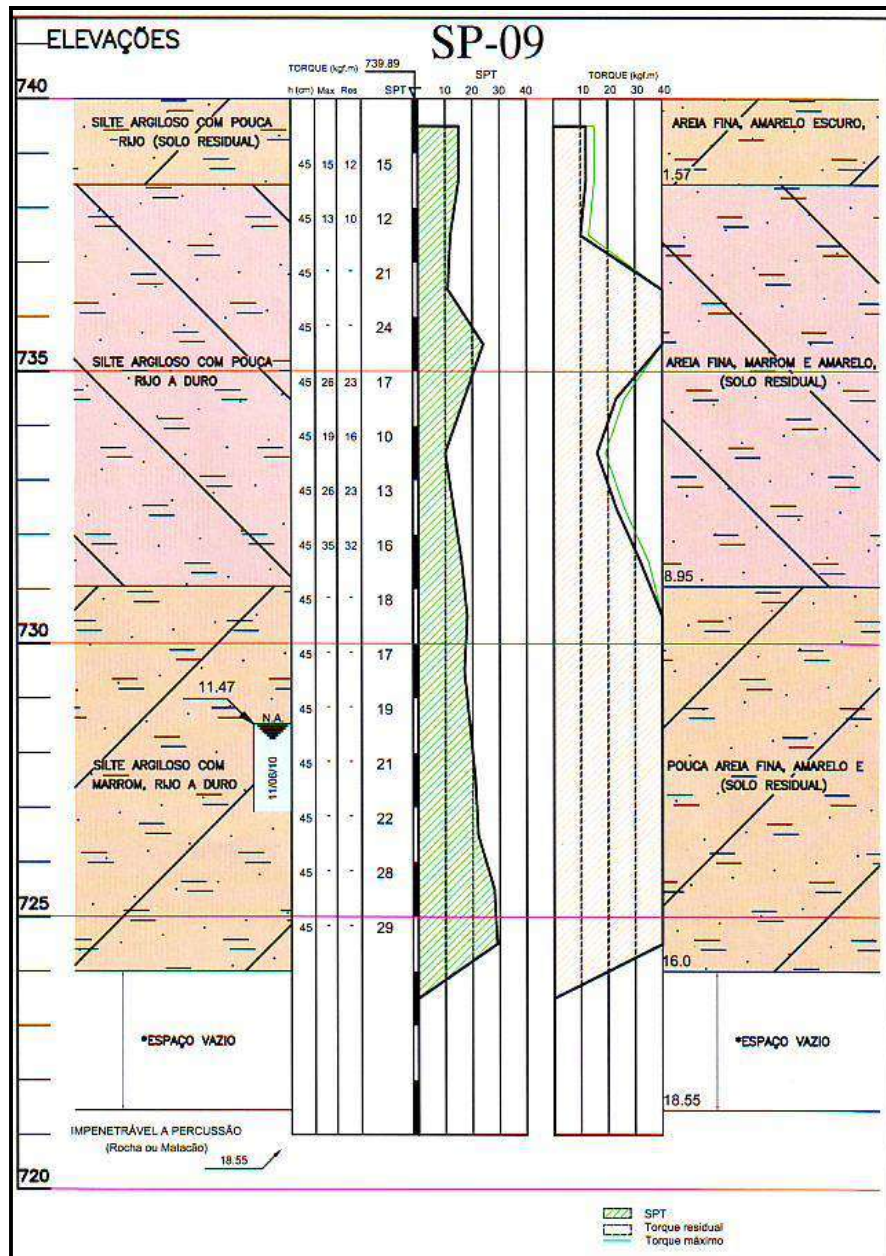
As exposições proporcionadas por obras de terraplenagem nas áreas baixas e vales onde se concentram feições de vazios cársticos em profundidade mostram os estratos metamórficos com alta inclinação e direção aproximadamente L – W e L - SW, coincidente com as direções estruturais regionais e com o posicionamento dos alongados corpos calcários da região (vide Fig. 6);

As sondagens realizadas nessas áreas baixas mostram que, independentemente das litologias (xistos, filitos, metarenitos...) presentes em superfície, sistematicamente encontra-se a rocha calcária são imediatamente abaixo do pacote de solos de alteração. As sondagens rotativas que penetram esse substrato de rocha calcária são chegaram a perfurá-lo até profundidades de algumas dezenas de metros, não atingindo seu limite inferior;

De todos os furos de sondagem que se aprofundaram na rocha, e foram muitos, não houve uma evidência sequer de solo migrado para fendas abertas na rocha calcária;

Sondagens e exposições por terraplenagem mostram uma zona argilosa com espessura média em torno de 6 metros na interface pacote de solos/rocha calcária são. Essa zona de interface é caracterizada por feições brechóides onde se destaca, além da matriz francamente argilosa, núcleos alterados de diferentes litologias, feições de micro-dobramentos e cisalhamentos e bolsões de um material escuro, siltoso, extremamente fofo, pulverulento e friável, que desde as investigações no famoso Buraco de Cajamar passamos a apelidar de “pó de café” (vide Figs 9 e 10). Ensaio petrográficos e mineralógicos indicaram que esse pó de café constitui o resíduo margo-siltoso resultantes da dissolução de antigos blocos calcários.

Sistematicamente as sondagens que se aprofundam até a interface solo/rocha encontram um Nível d'água superior, a alguns metros de profundidade. Esse lençol superior é sustentado pela camada argilosa impermeável brechóide da interface solo/rocha. Em sondagens que atravessem esse estrato argiloso há normalmente total perda de águas de circulação, ou para vazios aí existentes, ou, em maior profundidade, para um lençol inferior provavelmente associado às fraturas da rocha calcária são.



Perfil típico de sondagem a percussão em terrenos cársticos da região de Cajamar. Imediatamente acima do topo rochoso aparecem bolsões totalmente vazios ou preenchidos de solo muito mole.



Frentes típicas de pedreiras de calcário no município de Cajamar – SP, mostrando o maciço compacto, sem a presença de figuras clássicas de dissolução. Foto ARSantos.



Notar a orientação praticamente vertical dos diversos estratos xistosos metamorfizados. A rocha calcária sã encontra-se em média de 30 – 80 metros de profundidade a partir desse nível. Foto ARSantos



Testemunhos de sondagem rotativa mostrando fraturas abertas com sinais de dissolução na zona superior do maciço calcário são. Foto ARSantos.

O novo modelo geológico

A consideração e a integração de todo esse conjunto de informações e observações levaram à construção de um novo modelo geológico, o qual apóia-se na hipótese de um comportamento físico diferenciado dos diferentes estratos sedimentares originais frente aos esforços metamorfizantes de compressão ocorridos no Proterozóico Superior. O banco calcário, sotoposto a camadas sedimentares de argilas, siltes e areias, constituindo uma camada rochosa mais espessa e mais competente (rígida), teria oferecido uma maior resistência a esses esforços de compressão, com consequente predomínio de fraturamentos sobre dobramentos (vide Fig. 8).

Se isso é verdade, especialmente na conformação dos anticlinais a base dos estratos superiores por certo teria sido “arrastada” sobre a camada calcária fraturada durante os esforços de compressão/dobramento, em um processo semelhante a um *nappe de charriage* (superfície de arrastamento). Esse fenômeno explicaria a situação geológica singularmente heterogênea e irregular, de caráter brechóide, da zona de interface entre o solo saprolítico resultante da alteração dos estratos metamórficos superiores e a rocha sã metacalcária.

É justamente nessa zona brechóide de interface que têm origem e se situam as feições cársticas (bolsões de vazios preenchidos ou não por solos muito moles) geotecnicaamente preocupantes para a construção civil. Como essa interface nunca deva ter estado acima ou próxima a um nível hidrológico de base, condição necessária para a atuação de processos epigênicos de dissolução calcária, outros processos, inclusive hipogênicos, devem explicar os fenômenos dissolutivos que aí se verificaram.

Como já foi referido, os furos de sondagem rotativa que se aprofundam na rocha sã mostram um maciço bastante fraturado, mas praticamente isento de figuras expressivas de dissolução, fato corroborado pela verificação que nas injeções de calda de cimento executadas o trecho em rocha calcária sã toma volumes muito pequenos ou praticamente nenhum volume de calda, mesmo em traços de alta diluição e pressões mais elevadas. Vide fig. 17.

Vários ensaios laboratoriais foram realizados para auxiliar o entendimento dos processos físicos e físico-químicos que tenham proporcionado esse quadro de

dissoluções de núcleos calcários na interface solo/rocha, mas os resultados são ainda inconclusivos, e exigirão um aprofundamento maior de estudos para se estabelecer ao menos uma hipótese confiável.

Os calcários na região são naturalmente margosos e/ou quartzozos. Assim, de sua dissolução química restam esses resíduos de “impurezas” que chegam a preencher parcialmente ou totalmente, em menor condição de densidade, os bolsões calcários então dissolvidos. Essa seria a origem do já referido “pó de café”, um resíduo siltoso de um bolsão calcário dissolvido. Isso justificaria o fato desse “pó de café” constituir-se em um verdadeiro “marcador” para áreas dessa interface que devam significar maiores preocupações geotécnicas.

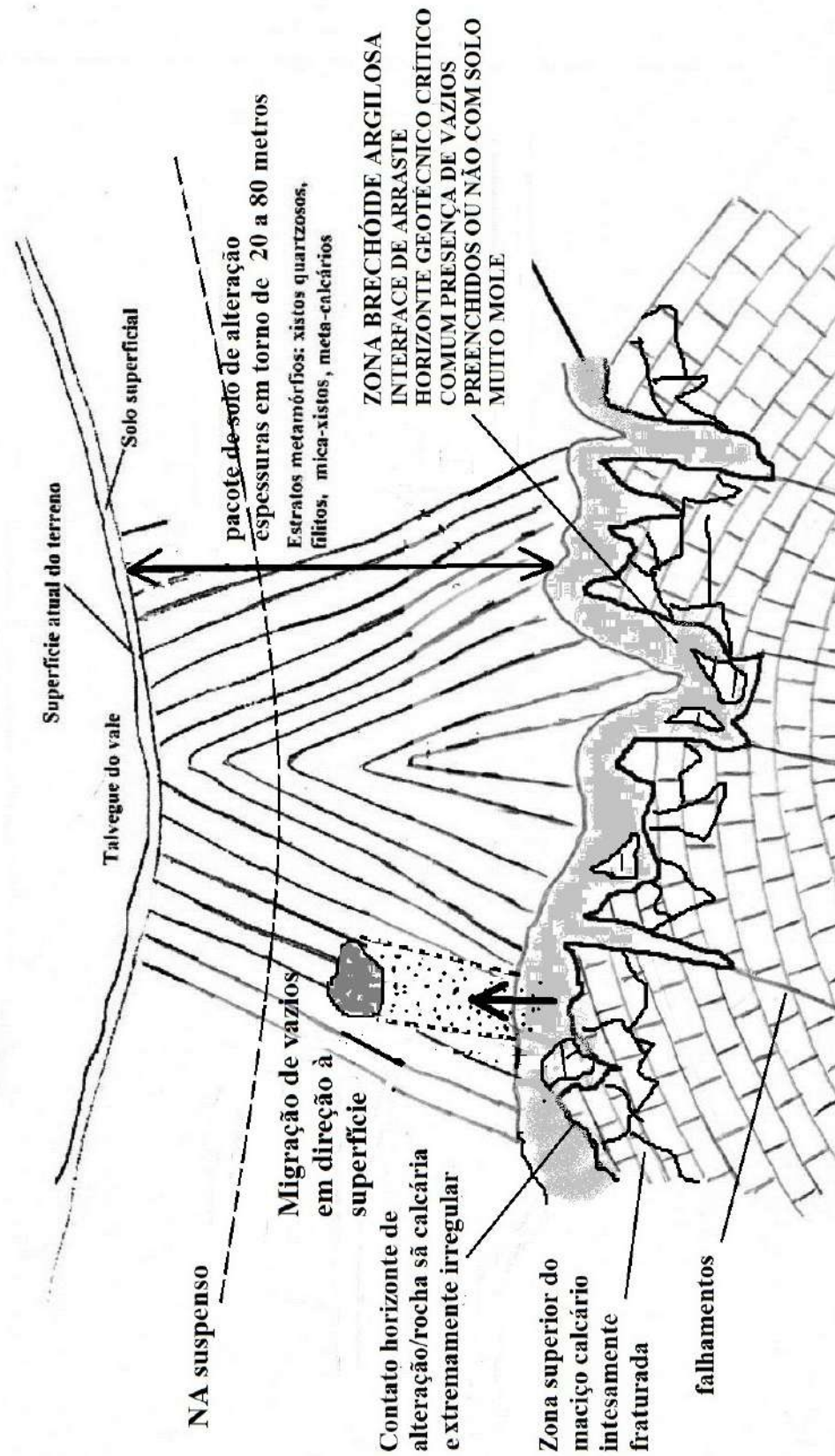
Expressão geomorfológica das zonas carstificadas em superfície

Como já foi afirmado, as áreas de maior probabilidade de ocorrência de feições cársticas em sub-superfície coincidem com fundos de vale e zonas baixas aluvionares.

Essa correspondência geomorfológica, que tem sido importantíssima por possibilitar a compartimentação geotécnica das glebas estudadas em zonas de maior ou menor risco, e assim permitir uma melhor orientação e programação das investigações, por certo se explicam pelo fato dos vales atuais em sua maior parte coincidirem com anticlinais de grandes dobras metamórficas, situação em que, como se sabe (Geomorfologia Estrutural), há o aparecimento de fraturas apicais de descompressão que potencializam a ação dos processos intempéricos e erosivos, fazendo com que, paradoxalmente, um parte alta de uma dobra venha a geomorfologicamente corresponder a um vale.

FENÔMENOS CÁRSTICOS NA REGIÃO DE CAJAMAR - SP MODELO GEOLÓGICO

Geól. Álvaro R. Santos



Croqui do novo modelo geológico para os fenômenos cársticos da região de Cajamar – SP



Terraplenagem que expôs porção da zona brechóide da interface solo/rocha permitindo sua investigação detalhada. Notar convivência espacial de materiais argilosos claros e avermelhados e bolsões com material pulverulento (“pó de café”) originário da dissolução de núcleos calcários. Foto ARSantos.



Detalhe da zona de interface solo/rocha brechóide argilosa e cárstica. Foto ARSantos.

Os 3 eixos estruturais já definidos

O estabelecimento dessa correspondência geomorfológica, os dados históricos de ocorrências cársticas na região, os dados colhidos de campo e o entendimento

geológico do fenômeno promovido pela construção do novo modelo geológico apresentado nesse trabalho permitiram traçar 3 alinhamentos cársticos, coincidentes com eixos estruturais regionais, em que a probabilidade de ocorrência de feições cársticas é comprovadamente maior. São os eixos Lavrinhas, Copase e Polvilho-Natura. Certamente a continuidade de trabalhos na região virá a revelar outros alinhamentos cársticos na região. Vide Fig 11.

O fator hidrogeológico potencializador dos abatimentos

Em conclusão, os problemas cársticos da região de Cajamar têm origem exclusivamente na zona brechóide argilosa de interface entre o pacote de solos de alteração e o substrato calcário são. Segundo esse modelo, os colapsos têm sua maior possibilidade de acontecer quando esses bolsões vazios ou preenchidos com solos muito moles encontram-se mais próximos à superfície do terreno, como consequência de sua própria evolução natural ou por intervenções de terraplenagens.

A associação dos abatimentos à exploração de poços profundos indica que esses processos acontecem, ou são diretamente potencializados, quando há a comunicação hidráulica entre o lençol d'água superior, sustentado pela zona brechóide argilosa, com vazios internos a essa zona ou diretamente com o lençol d'água inferior, controlados pelas fraturas da rocha sã. Por decorrência dessas intercomunicações hidráulicas haveria a aceleração do carreamento do solo superior para o interior dos vazios, como também o aumento relativo do peso de horizontes superiores sobre vazios interiores. Obviamente, quando esses vazios aproximam-se da superfície do terreno abre-se a probabilidade maior para o colapso do horizonte superior e os decorrentes abatimentos em superfície.

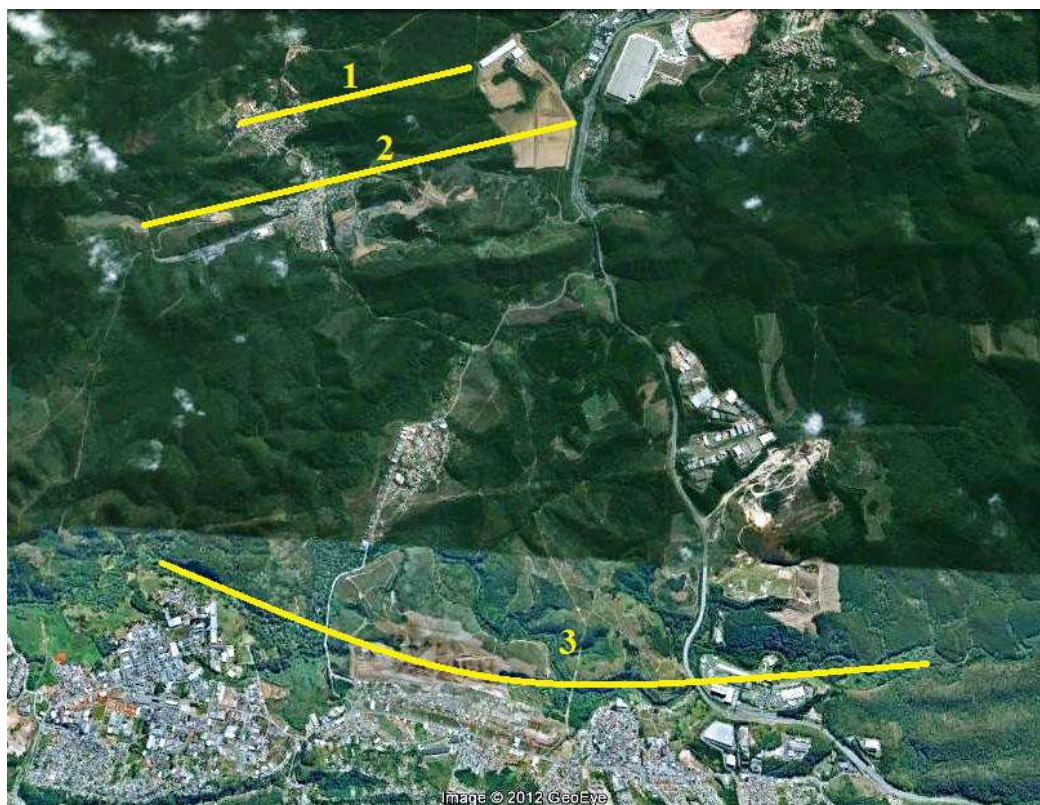


Imagem aérea Google do município de Cajamar mostrando os três alinhamentos cársticos já com segurança definidos. 1 – Alinhamento Lavrinhas; 2 – Alinhamento Copase; 3 - Alinhamento Polvilho-Natura. Desenho ARSantos sobre Imagem Google.



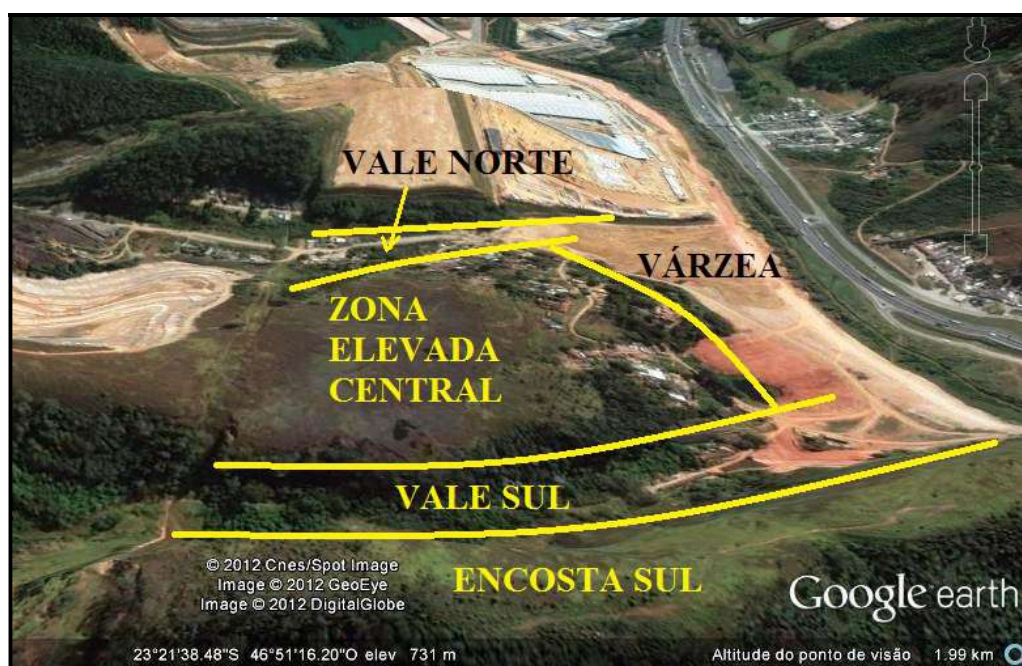
Extensa faixa de concentração de vazios cársticos expressa geomorfologicamente pela zona de fundo de vale (alinhamento 3 – Polvilho – Natura) ocupada por grande empreendimento imobiliário. Desenho ARSantos sobre imagem aérea.



Grande empreendimento imobiliário que teve uma segunda fase avançando sobre a faixa do vale aí presente, coincidente com o alinhamento cárstico Polvilho - Natura, apresentado grande concentração de vazios na interface solo/rocha, o que veio a demandar extensivo tratamento geotécnico por injeções de calda de cimento e adoção de estacas hélice contínuas como sistema de fundação. Foto ARSantos.



Empreendimento imobiliário em que a prospecção geológica detectou faixa de concentração de vazios cársticos (linhas amarelas), coincidente com o alinhamento cárstico Lavrinhas. Foto ARSantos



Gleba a ser ocupada por futuro grande empreendimento logístico cuja setorização geomorfológica inicial orientou as investigações e confirmou a maior concentração de vazios cársticos nas zonas baixas do Vale Norte, do Vale Sul e da Várzea.



Empreendimento imobiliário ocupando gleba com concentração de vazios cársticos. As condições geológicas levaram à opção por estacas metálicas cravadas e tratamento dos vazios cársticos com injeção de calda de cimento. Foto ARSantos

Decorrências técnicas do novo modelo geológico

Do modelo geológico proposto há quatro decorrências de enorme importância técnica e prática:

Como as feições cársticas estão associadas a anticlinais ou sinclinais de dobras, que comumente traduzem-se no relevo atual por fundos de vale e áreas baixas, fica possível, através de uma boa caracterização geológica e geomorfológica da região, concluir-se sobre as áreas de maior ou menor probabilidade de ocorrência de feições cársticas. Esse fato permitirá a produção de Cartas Geotécnicas especificamente dirigidas ao risco de abatimentos cársticos, o que, por sua vez, possibilitará aos empreendedores públicos e privados melhor decidir sobre a localização de seus empreendimentos ou providenciar os serviços de investigação e adequado tratamento geotécnico que se mostrem porventura necessários. Ou seja, as áreas baixas e fundos de vale na região devem em uma primeira instância a inspirar cuidados especiais para a instalação de empreendimentos civis. Sua ocupação somente deverá ser liberada a partir de uma profunda investigação geológica, e, no caso de apresentar vazios cársticos de expressão, após devidamente equacionadas as questões relacionadas ao tipo de fundação mais adequado e à necessidade ou não de tratamento por injeções de calda de cimento;

Pelo fato dos vazios apresentarem-se a profundidades relativamente baixas (algumas dezenas de metros) e circunscritos à zona de interface solo/rocha a injeção de calda de cimento (ou material similar) coloca-se como um expediente indicado e confiável para a estabilização geotécnica de terrenos a serem ocupados por algum empreendimento. O que não aconteceria se esses vazios estivessem conectando-se com uma rede de vazios

cársticos internos ao maciço rochoso, quando então, pelos grandes volumes de calda de cimento que seriam consumidos na injeção e pela grande extensão e erraticidade da rede de vazios do maciço, ficaria praticamente impossível ter-se o devido controle dos resultados do tratamento executado.

Importantíssimo observar que a injeção de calda de cimento tem como objetivo essencial a obturação de vazios visando a interrupção do processo de sua evolução e migração em direção à superfície do terreno ou para os entornos de um elemento de fundação; não se tratando, pois, de um expediente de consolidação geotécnica clássica da zona de interface solo/rocha.

O modelo geológico proporciona ainda, conhecidos alguns parâmetros da extensão de suas feições no terreno em questão, a escolha do tipo de fundação mais adequado ao empreendimento que se pretenda construir (vide esquema orientativo na Fig. 18).

A constatação e compreensão do papel potencializador dos abatimentos cumprido pela depleção provocada ou espontânea do Nível d'água subterrâneo torna indispensável a radical e permanente proibição de operação de poços profundos para exploração de água subterrânea na gleba considerada e em sua região de entorno para a estabilização geotécnica pretendida.

| <i>BOLETIM DE INJEÇÃO</i> | | <i>FURO Q4P215</i> | | | |
|---------------------------|--|---|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| <i>DADOS DE SONDAGEM</i> | | <i>Observação</i> | <i>DADOS DE INJEÇÃO</i> | | |
| <i>Profundidade</i> | <i>Descrição</i> | | <i>Trecho injetado</i> | <i>Traço água:cim</i> | <i>Volume injetado (l)</i> |
| 0,00 – 2,50 | <i>Aterro Silte argiloso com baixa quantidade de areia col. Vermelha. Silte arenoso coloração cinza medianamente mole.</i> | <i>Perda d'água com 5,90</i> | <i>Sem injeção</i> | | |
| 2,50 – 29,30 | | | <i>Sem injeção</i> | | |
| 29,30 – 31,70 | | | <i>Sem injeção</i> | | |
| 31,70 – 32,56 | | | <i>Sem injeção</i> | | |
| 32,56 – 37,56 | | | <i>Sem injeção</i> | | |
| | <i>Vazio com algum solo residual. Rocha calcária fraturada pouco alterada.</i> | <i>Perda d'água total com 31,80</i> | 30,56 – 29,56 | 0,5:1,0 | 7872 |
| | | | 31,56 – 30,56 | 0,5:1,0 | 6396 |
| | | | 32,56 – 31,56 | 0,5:1,0 | 2952 |
| | | | 37,56 – 32,56 | 1,0:1,0 | Não tomou calda |

Típico boletim de injeção de calda de cimento em terreno cárstico de Cajamar. Notar que o maciço calcário não toma calda de cimento. Os volumes injetados estão relacionados sempre à zona cárstica de interface solo/rocha

Orientações técnicas práticas extraídas da atual experiência acumulada no estudo e tratamento de terrenos cársticos em Cajamar

Os casos práticos de estudos e tratamento de terrenos cársticos que vem sendo conduzidos na região de Cajamar, orientados pelo novo modelo geológico proposto, tem confirmado sua correção e proporcionado o aprimoramento de uma série de orientações técnicas executivas, entre as quais se destacam:

Em sendo detectados os vazios cársticos, a escolha do tipo de fundação mais adequado dependerá da espessura do pacote de solos A-D e da profundidade da zona de vazios. Vide Tabela Orientativa na Fig. 18 adiante.

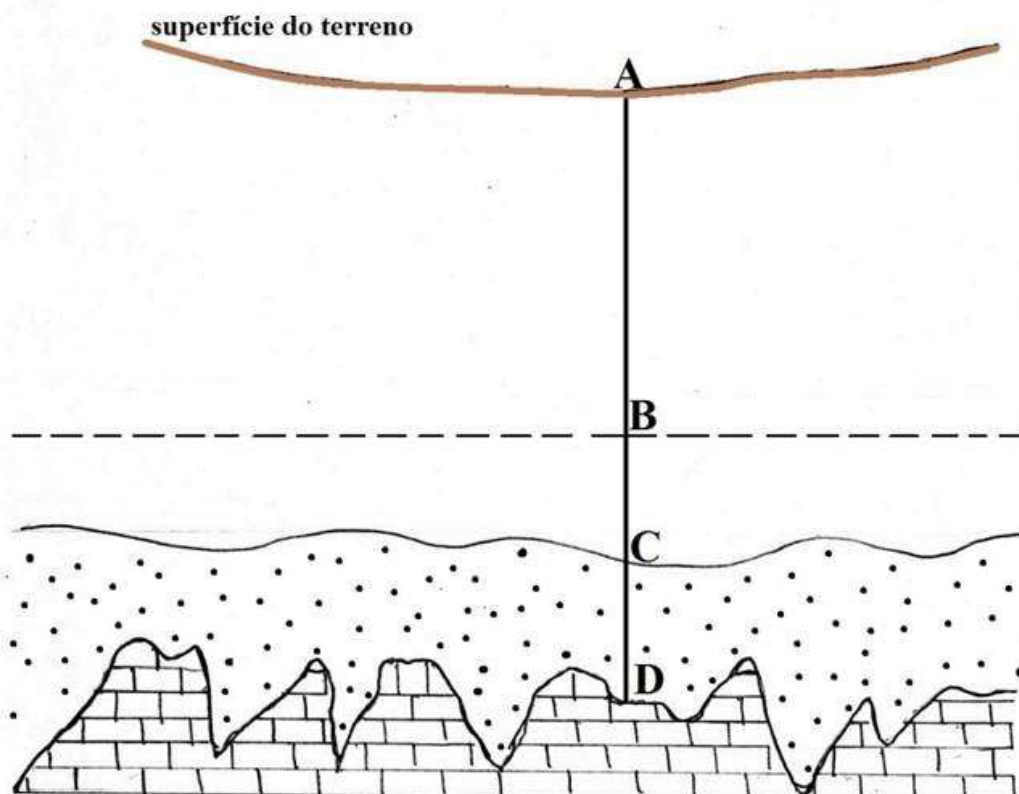
As pressões de injeção de caldas de cimento nos vazios devem ser apenas suficientes para que se tenham como preenchidas as cavidades. Pressões muito altas podem provocar a fuga do material para terrenos vizinhos e a impregnação de horizontes de alteração mais permeáveis, o que não é um resultado buscado, ou até um desarranjo estrutural no horizonte solo/rocha com conseqüências geotécnicas imprevisíveis. Desta forma, para os objetivos de preenchimento desejados sempre será mais indicado trabalhar com uma malha mais densa de furos de injeção de baixa pressão do que com poucos furos de alta pressão. Recomenda-se a utilização de pressões máximas de injeção em torno de 5 Kg/cm^2 , estabelecendo como critério de seu término a observação de não tomada de calda por 10 minutos consecutivos com a pressão estabilizada em 5 Kg/cm^2 .

Dentro do mesmo raciocínio, deve-se optar por caldas grossas, de baixa fluidez, com traço recomendado de 0,5 litros de água para 1 Kg de cimento, e adoção de intervalos de tempo controlados entre os diversos estágios de uma injeção.

Sob essas especificações tem-se observado uma ordem de grandeza de 20 metros cúbicos de calda como volume médio injetado por furo, em malha com espaçamento médio de 5 metros.

ESQUEMA ORIENTATIVO PARA A ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO E PARA A DECISÃO DE TRATAMENTO POR INJEÇÕES DE CALDA DE CIMENTO EM TERRENOS CÁRSTICOS DA REGIÃO DE CAJAMAR - SP

Geól. Álvaro Rodrigues dos Santos



A-D pacote superior de solos

D-? maciço calcário são

C-D zona de interface solo/rocha - argilosa brechóide cárstica (~6m)

A-D maior que 50m e ausência de vazios até 35 metros de profundidade sugere adoção de estacas tipo hélice contínua com profundidade limite em B.

A-D maior que 50m e presença de vazios até 35m sugere adoção de estacas metálicas apoiadas no topo do maciço rochoso D e tratamento dos vazios com injeções de calda de cimento ou similar

A-D menor que 50m com presença de vazios em C-D sugere adoção de estacas metálicas cravadas apoiadas no topo do maciço rochoso D e tratamento da zona de vazios C-D com injeções de calda de cimento

B-C faixa de segurança (~5m) definindo profundidade limite (B) para posicionamento da base de estacas tipo hélice

OBS: A NÃO OPERAÇÃO DE POÇOS PROFUNDOS NO TERRENO A SER OCUPADO E EM TERRENOS PRÓXIMOS É CONDIÇÃO ABSOLUTA PARA A OCUPAÇÃO CONSTRUTIVA DE TERRENOS CÁRSTICOS!!



Bomba pneumática utilizada para a injeção de calda de cimento com misturador acoplado. Foto ARSantos.



Ponto sendo injetado com controle de manômetro. Foto ARSantos.



Sistema centralizado com misturador e bomba atendendo vários pontos de injeção. Foto ARSantos.

Referências bibliográficas

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; ÁVILA, I.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; SANTOS, A.R. 1987. Cajamar - Carst e urbanização: zoneamento de risco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABGE. v.2, p.461-470.

SANTORO, E.; CARNEIRO, C. D. R. and OLIVEIRA, M.C.B DE 1988. Estrutura geológica da região de Cajamar-Jordanésia, SP. *Rev. Bras. Geociências* vol. 18(3);, p. 353 - 361

SANTOS, A.R.; PONÇANO, W.L. 2009. Caso de aplicação nº 7 – Colapso e subsidência de origem cárstica na área urbana de Cajamar – SP, livro *Geologia de Engenharia – Conceitos, Método e Prática*, 2ª ed., Santos, A.R, O Nome da Rosa, São Paulo, 2009.

SANTOS, A.R., 2011. “Novo modelo geológico orienta a escolha de terrenos e o tratamento de fundações para empreendimentos na região de Cajamar (SP)”. Artigo técnico publicado no portal PINI Web.

SANTOS, A.R., 2017. Caso de Aplicação nº 30 – Calcários cársticos: áreas de risco para a engenharia. *Modelagem geológica e soluções construtivas*. Livro *Geologia de Engenharia – Conceitos, Método e Prática*, 3ª ed, O Nome da Rosa, São Paulo, 2017.

4.27 - BACIAS-ESPONJA, CIDADES-ESPONJA, A LÓGICA CRISTALINA

Se ao menos a tragédia gaúcha de 2024 escancarar a todos, especialmente aos administradores públicos e ao meio técnico-científico brasileiro, as causas essenciais das inundações verificadas, deixarão um enorme saldo no lado positivo dessa catástrofe. Saldo positivo não capaz de compensar as enormes perdas e sofrimentos da população atingida, mas suficiente, caso tenhamos bom senso, para dar suporte a uma ação planejada e concentrada de combate aos referidos fatores causais essenciais.

Fato incontestável, as inundações foram provocadas por um enorme aumento do volume de águas de chuva aportado, em tempos extremamente reduzidos, ao sistema de drenagem das bacias hidrográficas envolvidas. Esse sistema de drenagem, já com sua capacidade de vazão comprometida por intenso assoreamento, não sendo capaz de dar vazão a tal volume de água, extravasa o grande excesso hidrológico sobre suas áreas baixas lindeiras, e aí estão as grandes inundações.

Enfim, o resultado da equação básica das enchentes: **“volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão”**.

Por óbvio que em situações mais específicas, como o caso da cidade de Porto Alegre e municípios próximos, os desastres teriam seu impacto reduzido caso os órgãos públicos responsáveis pelos sistemas de drenagem não houvessem sido sistematicamente esvaziados e sucateados, mas do ponto de vista hidrológico e hidrogeológico, tanto no meio rural como no meio urbano o grande problema está no fato de que as intervenções humanas vem provocando um aumento absurdo do Coeficiente de Escoamento Superficial, número que mede o volume de água que, não sendo retido por infiltração no terreno e molhamentos generalizados, escorre superficialmente em enxurradas em direção aos cursos d'água (o também chamado “run-off”). Como consequências, as inundações, a não alimentação das reservas estratégicas dos aquíferos subterrâneos e a potencialização do diabólico binômio erosão/assoreamento.

Como tem alertado o Eng. Florestal Prof. Osvaldo Ferreira Valente, da Universidade Federal de Viçosa, em artigos técnicos fundamentais, o aumento do escoamento superficial no meio rural é decorrência direta de práticas agrícolas tecnicamente equivocadas e descuidadas. Sim, as matas ciliares tem funções importantíssimas, o que justifica todo o esforço em sua manutenção e recuperação, mas o que acontece a um curso d'água é reflexo do que sucede nas amplas vertentes de sua sub-bacia hidrográfica, e será nas vertentes agricultadas que deverão se concentrar as ações voltadas à recuperação de sua capacidade de retenção de águas de chuva.

No meio urbano, o mesmo cenário, as cidades, por força de sua impermeabilização, perdem a capacidade de reter as águas de chuva por infiltração e molhamentos, lançando-as em grande volume e instantaneamente sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, canais, bueiros, córregos, rios – não dimensionado para tal desempenho. E aí, as enchentes, ao menos em seu tipo mais comum.

Para se ter uma idéia da dimensão desse problema da impermeabilização considere-se que o Coeficiente de Escoamento Superficial em cidades de médio e grande porte está em torno de 85%; ou seja, 85% do volume de uma chuva escoam superficialmente comprometendo rapidamente o sistema de drenagem. Em uma floresta, ou um bosque florestado urbano, acontece exatamente o contrário durante um temporal, o Coeficiente de Escoamento Superficial fica em torno de 20%, ou seja, cerca de 80% do volume das chuvas é retido na floresta por molhamento, encharcamento e infiltração. Excessiva canalização de córregos e o enorme assoreamento de todo o sistema de drenagem por sedimentos oriundos de processos erosivos e por toda ordem de entulhos de construção civil e lixo urbano compõem fatores adicionais que contribuem para lançar as cidades a níveis críticos de dramaticidade no que se refere a danos humanos e patrimoniais associados aos fenômenos de enchentes.

A lógica é cristalina, não haverá solução possível para o fenômeno das enchentes sem a recuperação da capacidade dos terrenos do meio rural e urbano em reter águas de chuva. Em resumo, a grande tarefa que nos salta aos olhos está na redução máxima possível do Coeficiente de Escoamento Superficial. No meio rural as soluções estão na

adoção de práticas agrícolas que incorporem a técnica do terraceamento, a implantação de reservatórios de infiltração, o reflorestamento de áreas não agricultadas, a conservação das matas ciliares... Para o meio urbano as soluções apontam para enorme elenco de medidas, virtuosamente utilizadas em vários países: reservatórios domésticos e empresariais para acumulação e infiltração de águas de chuva, calçadas e sarjetas drenantes, pátios e estacionamentos drenantes, valetas, trincheiras e poços drenantes, multiplicação dos bosques florestados por todo o espaço urbano, etc. Enfim, as evidências todas nos indicam o caminho a seguir para a redução de riscos de inundações: sob a lógica cristalina das Bacias-esponja e das Cidades-esponja os esforços deverão se concentrar em recuperar as funções hidrogeológicas básicas da Natureza. De quebra, as reservas de água subterrânea nos agradecerão e nos recompensarão.

4.28 - ACIDENTES: DEVERIA SER CRIME CULPAR A NATUREZA

Especialmente em épocas de chuva os acidentes em obras civis têm se multiplicado no país. Diga-se de passagem que essa é a ponta visível do *iceberg*, pois que os acidentes dos quais a sociedade acaba por tomar conhecimento são os de grande dimensão e visibilidade. Uma miríade de pequenos e médios acidentes, assim como de danosas deficiências construtivas e de projeto, acabam não transcendendo o anonimato do circunscrito ambiente de obra.

E, como sempre, os responsáveis pelos empreendimentos e até as autoridades públicas a eles relacionadas têm pronta a rápida e cômoda justificativa: *foi uma fatalidade, o acidente deveu-se à intensidade das chuvas e/ou a imprevistos geológicos*.

Sem considerar aqui o crime envolvido na clara intenção de ludibriar a sociedade, gostaria de me ater aos aspectos puramente técnicos relacionados a essas declarações e aos próprios acidentes.

Na Engenharia há uma regra inexorável: se houve acidente, houve uma falha. Essa falha pode ser de diversas ordens: não suficiência de investigações prévias, erros nas informações técnicas (dados de entrada) para o projeto, erros de projeto, erros no plano de obra, erros nos processos construtivos, deficiência em materiais empregados, etc. A redução da margem de ocorrência de erros é uma meta que a boa Engenharia persegue com obstinação. E, ao lado de uma provada competência dos técnicos envolvidos, o maior instrumento para essa redução está na gestão técnica do empreendimento, desde a fase dos estudos preliminares até a entrega da obra acabada e seu futuro plano permanente de monitoramento técnico.

No caso dos acidentes da barragem de rejeitos de mineração em MG, da Linha 4 do Metrô na capital paulista e outros tantos acidentes, mais uma vez as chuvas e eventuais “imprevistos geológicos” tem sido apontados como causadores dos problemas.

As características e o histórico pluviométrico, assim como todas as informações sobre a geologia regional e local e seus desdobramentos geotécnicos são dados elementares de entrada para a concepção do projeto e para a escolha do plano de obra. Surpresas consideráveis só podem ser debitadas a falhas ocorridas nessa fase inicial de levantamento e recolhimento de informações. No caso da Geologia, até a probabilidade de encontrar durante o andamento da obra alguma feição particular não anteriormente detectada deve obrigatoriamente ser considerada nos cuidados do plano de obra e dos processos construtivos, que, para tanto, devem sempre ser acompanhados por um eficiente serviço de monitoramento e investigações complementares.

Particularmente no caso da Linha 4 do Metrô, a geologia e a hidrogeologia do local são por demais conhecidas e foram profusamente investigadas nos estudos preliminares. Da mesma forma, não se podem a essas alturas alegar dificuldades com as chuvas, uma vez que o regime pluviométrico da Capital é sobejamente conhecido.

Ou seja, em defesa dos profissionais brasileiros em Hidrologia, Hidrogeologia, Geologia e Geotecnia, que colocaram o país em nível internacional de competência nessas áreas, e em defesa dos interesses maiores da sociedade brasileira, apelamos às autoridades públicas e privadas relacionadas a esses trágicos acidentes que não capitulem diante dos impulsos naturais em buscar explicações e justificativas que lhes eximam de alguma responsabilidade, e tenham a coragem de “colocar o dedo na ferida”, investigando criteriosamente o plano de gestão dos empreendimentos afetados. Investiguem, por exemplo, as conseqüências de um eventual excesso de terceirizações dos mais variados tipos de serviços de engenharia, ou de uma compulsiva e onipresente busca de redução de custos e maximização de lucros, pois que condições assim postas são incompatíveis com a predominância do necessário, responsável e sadio espírito da boa técnica em uma frente de obra. É muito provável que aí esteja a deixa para entender melhor os acidentes ocorridos e, por dedução, para evitar novos acidentes.

4.29 - ALGUMAS OBSERVAÇÕES CRUCIAIS SOBRE A TRAGÉDIA DE BRUMADINHO E OUTRAS TRAGÉDIAS

Obviamente há muitas questões envolvidas, mas listo a seguir algumas que acho nevrálgicas para um mais correto entendimento da seqüência de fatores envolvidos na terrível tragédia de Brumadinho:

1) O papel da fiscalização vem sendo mal entendido por muitos, um mal entendimento que tem sido espertamente aproveitado para que os proprietários das obras encontrem fatos que os ajudem aliviar-se de suas responsabilidades. Não é correto imaginar uma fiscalização técnica propriamente dita, que fizesse todos os exames, monitoramentos e investigações necessários para concluir sobre a segurança ou não de uma barragem. Isso seria uma loucura, exigiria um tempo enorme da equipe fiscalizadora e um nível de competência técnica similar a uma consultoria especializada. Imaginem com milhares de barragens em todo o país o que isso significaria em termos de equipes instaladas nos órgãos fiscalizadores. O papel da fiscalização deveria ser limitadamente focado no objetivo de verificar se os procedimentos internos da empresa fiscalizada em um programa de segurança, em todos seus protocolos, estão sendo devidamente aplicados. E como resultado dessa fiscalização emitir um parecer sobre o grau de eficiência do programa de segurança investigado. Ou seja, em também um sistema de protocolo, a fiscalização deveria cumprir um checklist de pontos e questões a serem verificados que, ao final, seria assinado por ambas as partes, proprietário e fiscalização. À luz desse parecer instâncias superiores à fiscalização tomariam as providências cabíveis.

Ou seja, as relações de responsabilidade do empresário com sua obra independem radicalmente do processo fiscalizatório. Isto é, é dele a responsabilidade técnica total sobre a qualidade de sua obra e sobre eventuais acidentes ou disfunções técnicas que com ela possam acontecer. Para isso tem à sua direta disposição, nas fases de projeto, implantação e operação/monitoramento/manutenção de seu empreendimento, todos os conhecimentos técnicos produzidos e acumulados nacional e internacionalmente, e que lhe possam ser úteis e necessários, conhecimentos esses personificados em seu próprio

peçoal técnico e em terceiros para tanto contratados. Ou seja, o lado da excelência técnica obrigatória é o lado do proprietário da obra, não o lado da fiscalização; à qual cabe, sim, ter competência para o que faz, mas muito mais uma competência em esmeradamente bem cumprir seus protocolos fiscalizatórios.

2) Dessas considerações acima brota uma regra “áurea” em segurança de barragens e outras grandes obras: a total responsabilidade de um acidente será sempre, e em qualquer circunstância, exclusivamente do proprietário da obra. Para ficar mais claro, o surrado e esperto argumento dando conta que “a fiscalização passou por aqui e não encontrou nenhuma inconformidade” não tem o menor valor quanto à definição de responsabilidades frente a um eventual acidente.

3) Da mesma forma, e como um exemplo elucidador da tese, deve ser tratada a questão dos eventuais atrasos de órgãos públicos na concessão de licenças ambientais ou de qualquer outro tipo para procedimentos associados às grandes obras. Mesmo que isso aconteça, os atrasos, e sem a devida justificativa, esse fato nunca poderá desculpar uma desobrigação da empresa proprietária para com a segurança da obra. Ou seja, aconteça o que for nas relações institucionais entre a empresa e órgãos ambientais, um acidente não poderia jamais acontecer. Essa brecha não pode ser aberta. E se acontecer, será de total e exclusiva responsabilidade do proprietário da obra. Os problemas legais referidos devem ser discutidos e resolvidos em fóruns apropriados para tanto.

4) Por fim abordo um fator extremamente sensível, mas que tem sido determinante no aumento da probabilidade de acidentes, o “ambiente de obra”, ou o ambiente empresarial, que sabidamente fortemente influi no tipo e na qualidade das relações entre os empregados e a Diretoria da empresa proprietária. E, dentro do mesmo cenário, nas relações entre empresas especializadas contratadas e a contratante proprietária da obra. É natural e compreensível o fato do profissional técnico do quadro da empresa cultivar a expectativa de sua ascensão hierárquica/salarial no âmbito do organograma empresarial. Alguns valores exigidos para essa ascensão lhe são óbvios e/ou lhe são instilados pela cultura interna da empresa: dedicação, competência, disponibilidade, sociabilidade, responsabilidade, capacidade de liderança, e outros do gênero. Além desses há alguns mais sutis: caracterizar-se por trazer soluções e não problemas e, com destaque, considerar-se e ser considerado parte “do time”, ou seja, um profissional que se destaque por, em qualquer circunstância, “fazer o jogo da empresa”.

No caso de empresas contratadas pela empresa proprietária da obra dá-se algo semelhante. À contratada interessa a melhor relação possível com seu cliente, situação em que lhe é garantida a expectativa de novos e importantes contratos. Nesse contexto busca naturalmente cumprir valores essenciais para suas expectativas: competência, confiabilidade, presença, confidencialidade. Da mesma forma, poder ser considerada “parte do time” e, em qualquer condição, “fazer o jogo da empresa contratante”.

Esse ambiente empresarial e de obra, ainda que não explicitado e muito estudado, é conhecido por todos que, de alguma forma, lidam com obras de engenharia. Pode-se dizer até que, respeitados certos limites (aqui mora o “X” do problema) componha um elenco de condutas compreensíveis e até aceitáveis. Decisão difícilima, tanto por parte do profissional empregado da empresa proprietária da obra, como por parte de uma empresa por essa contratada, é estabelecer e atender os limites de ordem ética e de ordem técnica, aqui em especial aqueles que se colocam na esfera da segurança e da assunção de riscos de acidentes.

Vamos a um exemplo prático para melhor entendimento dessa equação. Um geotécnico da empresa proprietária da obra alerta em uma reunião com sua chefia sobre a urgente necessidade de ser tomada determinada providência técnica para que não sejam surpreendidos por um grave acidente. Como a providência envolve custos a diretoria pede estudos complementares. A variável tempo corre inexoravelmente. Feitos esses estudos, o profissional repete seu alerta. Sua chefia lhe recomenda que não faça nada por escrito, ou documentadamente, as comunicações verbais bastariam. Inicia-se um processo interno interminável de aprovação de verbas e serviços e o profissional tem plena consciência de que a probabilidade de um acidente aumenta consideravelmente. Ele tem ganas de emitir por escrito um alerta à sua chefia e à Diretoria da empresa, mas ao mesmo tempo avalia que se assim agir deixará de imediato de ser considerado como “parte do time”, e iriam por terra seus sonhos de progressão hierárquica e salarial dentro da empresa, e quem sabe teria até que contar com a possibilidade de uma demissão, obviamente debitada a um exercício de “remanejamento interno de equipes”. Como, no caso da empresa contratada, dadas as mesmas circunstâncias, iriam para o espaço suas expectativas de novos e desejados contratos. No campo da ética profissional poderíamos elencar vários outros exemplos de incompatibilidade entre o que seria técnica e legalmente correto e os interesses mais imediatos da empresa proprietária da obra, situação que também exigiria do profissional ou da empresa contratada, em obediência aos códigos de conduta informais prevalecentes no ambiente empresarial, uma decisão de anuência e compartilhamento com uma ilegalidade ou com uma agressão a princípios éticos que deveriam ser devidamente assumidos e praticados.

Exemplo que se tem tornado muito freqüente decorre de decisões empresariais de redução de despesas, o que acaba contaminando o ambiente de uma obra de uma quase disputa entre profissionais e equipes na busca de resultados financeiros de grande agrado para a direção da empresa proprietária da obra. É fácil deduzir os enormes riscos para a segurança que naturalmente decorrem de um ambiente de obra assim contaminado.

Fato real é que em grande parte dos acidentes e tragédias ocorridos em obras de engenharia no Brasil são explicados, ao menos em boa parte, por circunstâncias próximas às descritas, ou seja, pela prevalência de ambientes de obra constrangedores de uma atitude mais ousada, firme e insistente de profissionais do quadro ou de empresas contratadas no apontamento de disfunções técnicas que possam levar a situações de risco e na persistência por exigências de sua pronta correção e eliminação.

5) O que aconteceu em Brumadinho foi muito mais que uma tragédia ambiental, foi um crime bárbaro contra a vida humana. E aí findo com minha última observação: apuradas as responsabilidades os culpados devem ser penalizados criminalmente no máximo rigor que a lei permita. Essa talvez seja a melhor providência para que comecemos realmente aprimorar a cultura da segurança em nossas obras de engenharia em todo o país.

4.30 - A INTERMINÁVEL E TRÁGICA NOVELA DAS “ÁREAS DE RISCO”

Uma coisa é pôr idéias arranjadas... outra é lidar com um país de pessoas de carne e sangue, de mil e tantas misérias; de sorte que carece de se escolher.
Guimarães Rosa

O conceito de “áreas de risco” (AR) é bastante abrangente, mas sempre envolve algum tipo de risco a algum tipo de atividade humana em uma dada região. Esses riscos

podem ser decorrentes de fenômenos puramente naturais, como também de processos oriundos de algum tipo de ação humana. Por exemplo, todo o Caribe e o sudeste americano são considerados áreas de risco para atividades humanas devido ao risco de furacões e tempestades tropicais. Nossa Serra do Mar é considerada área de risco para toda atividade humana (estradas, dutos, linhas de transmissão, ocupações urbanas, etc.) que de alguma forma se relacione com suas encostas, tão suscetíveis a escorregamentos. As áreas contíguas a um oleoduto são consideradas áreas de risco devido à possibilidade de incêndios ou vazamentos de petróleo ou combustíveis. Neste artigo vamos nos ater às áreas de risco relacionadas a riscos de caráter geológico-geotécnico e afins (escorregamentos, abatimentos de terreno, solapamento de margens de rios e córregos, enchentes, contaminação de solos e águas por resíduos industriais e agrícolas, entre outros) para a ocupação urbana, especialmente por habitações.

O fato é que todo ano, e particularmente à época das chuvas mais intensas, quando então todos os problemas de risco se agudizam, o noticiário jornalístico é pródigo no anúncio de tragédias, soterramentos, afogamentos, perdas patrimoniais totais, desgraças familiares de toda ordem, falta de ação preventiva e corretiva da administração pública, e todos os “et ceteras” que todos conhecemos de cor e salteado.

A bem da verdade, é preciso que se considerem dois aspectos fundamentais para uma melhor compreensão do problema e para o equacionamento de sua solução.

Em primeiro lugar, do ponto de vista da Engenharia e da Geologia de Engenharia brasileiras não há sequer uma questão técnica envolvida no problema que já não tenha sua solução perfeitamente sistematizada, resolvida e disponibilizada. Cartografia Geotécnica de Risco (indicando as áreas que não podem ser ocupadas e as áreas com restrições e as providências a serem tomadas em relação à sua ocupação), tipologia de obras adequadas à contenção de taludes e encostas, tipologia de projetos de ocupação urbana adequados a áreas topograficamente mais acidentadas, serviços e obras de redução de riscos de enchentes localizadas, mapeamento de situações críticas, metodologia e tecnologia de Planos de Defesa Civil, e tudo o mais que se refere à questão, são parte das ferramentas e informações que o meio técnico brasileiro abundantemente já produziu e disponibilizou à sociedade para o enfrentamento do problema, em sua componente técnica preventiva e corretiva. Por exemplo, já há um bom tempo a Prefeitura de São Paulo tem em mãos um levantamento realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) indicando os 522 locais da cidade mais sujeitos a riscos geológico-geotécnicos e demandadores de intervenções preventivas do Poder Público.

O segundo aspecto de fundamental importância a ser considerado refere-se às componentes sociais e econômicas do problema.

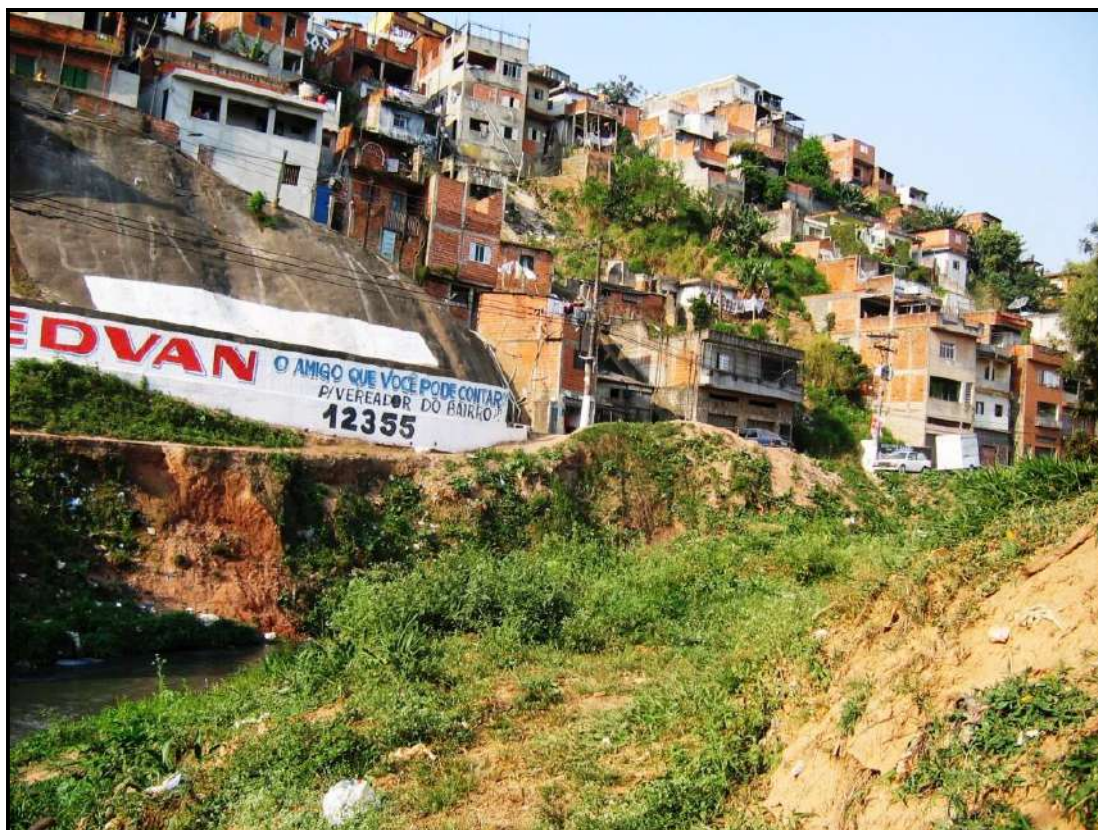
Com a enorme explosão demográfica que atingiu em maior grau as metrópoles, mas também grande parte das cidades médias brasileiras a partir dos anos 60, a decorrente expansão da mancha urbana se deu em uma velocidade tal que as despreparadas, e muitas vezes descompromissadas, administrações públicas não foram capazes de acompanhar em sua função de planejamento urbano e provimento de infraestrutura de serviços públicos. Por outro lado, a população mais pobre, compelida a buscar soluções de moradia compatíveis com seus miseráveis orçamentos, é compulsoriamente levada a jogar com as seis seguintes variáveis: distância, periculosidade, insalubridade, desconforto ambiental, precariedade construtiva e irregularidade fundiária. Essa condição orçamentária leva inexoravelmente essa população a três alternativas: favelas, cortiços ou zonas periféricas de expansão urbana. Especialmente nessa última condição a população de baixa renda tem sido protagonista ativa e passiva da grave tragédia geotécnica que ocorre generalizadamente em áreas de

relevo mais acidentado e margens de córregos, tragédia que põe a perder por erosão, escorregamentos, assoreamento e enchentes a já precária infra-estrutura urbana. Somem-se a isso loteadores inescrupulosos, a precariedade das habitações construídas, a falta de sistemas de drenagem e contenção, etc. No jargão popular, “cutuca-se a onça com vara curta” ou “junta-se a fome com a vontade de comer”.

Outra faceta desse mesmo aspecto socioeconômico: estamos, nas metrópoles brasileiras, falando de milhões de pessoas. Vejamos como exemplo a metrópole paulista, que em suas frentes de expansão urbana atinge regiões progressivamente mais acidentadas topograficamente e com solos menos resistentes e mais suscetíveis a fenômenos de erosão e escorregamentos. De 1991 a 2000 a população na cidade de São Paulo cresceu em média 0,9% ao ano. Já nas fronteiras de expansão urbana da metrópole esse crescimento foi de 6,3%. Os centros de Guarulhos, Osasco e ABC tiveram um decréscimo populacional de 750 mil pessoas. Já as áreas periféricas estruturadas, um acréscimo de 590 mil. E as áreas mais periféricas, nas fronteiras de expansão, um acréscimo de 2,1 milhões de pessoas. Considerando toda a região metropolitana de São Paulo, em 1991 as áreas de fronteiras de expansão abrigavam 19% da população total; em 2000 esse percentual saltou para 33%.

Ou seja, em que pese a necessidade de os serviços públicos melhorarem em muito sua eficiência no tratamento do problema com as áreas de risco, não há como resolver o problema somente com a abordagem técnica. Em sã consciência, não há administração pública, por mais eficiente e conscienciosa que seja, que consiga resolver o problema dentro da cultura de “correr atrás do prejuízo”. A questão remete impreterivelmente para a necessidade de soluções corajosas que considerem o aspecto socioeconômico do problema. E que, em resumo, consigam melhorar substancialmente a qualidade de vida da população pobre em todo o país, o que exige, sem dúvida, programas habitacionais mais ousados e criativos. Nesse aspecto, da experiência em trabalhos na periferia da região metropolitana de São Paulo, onde pude testemunhar a enorme extensão da prática da autoconstrução (tecnologia espontaneamente adotada pela própria população para o atendimento de suas carências habitacionais e que maior sucesso alcançou, mesmo sem assistência técnica alguma), arriscaria a sugerir a priorização de um largo programa habitacional que envolvesse seqüencialmente: desapropriação (se necessário) de grandes vazios urbanos ainda existentes nas regiões periféricas semi-urbanizadas das metrópoles, implantação de loteamentos com infra-estrutura urbana executada, venda subsidiada de lotes urbanizados, financiamento do material de construção para a prática da autoconstrução, assistência técnica para a autoconstrução. Um programa desse tipo, diferentemente dos programas mais clássicos, com certeza seria capaz de atender com habitações dignas e fora de áreas de risco, com razoável rapidez, a centenas de milhares de famílias de baixa renda.

Por certo, ao lado de um esforço para levar a cabo os trabalhos preventivos e corretivos junto às áreas de risco já definidas, essa seria a única abordagem que, com segurança, colaboraria efetiva e progressivamente para retirar o “affair” áreas de risco dos espaços jornalísticos reservados a tragédias e catástrofes.



Sistemática ocupação de encostas de alta declividade nas zonas de expansão: uma sucessão de áreas de risco. (Foto L.C.S. Pinto)



Além das encostas íngremes, uma alternativa trágica para a população de baixa renda: ocupação de margens de córregos e fundos de vales. (Foto L.C.S. Pinto)



Sucessão de terríveis tragédias humanas. Sete familiares soterrados. Taboão da Serra (SP). (Foto Ormuzd Alves/Folha Imagem)



Deslizamento com cinco mortos. Zona Sul de São Paulo. (Foto Jorge Araújo/Folha Imagem)

4.31 - PINTURA A CAL: UMA PODEROSA ARMA NO COMBATE À EROSÃO. A TECNOLOGIA CAL-JET

A dimensão dos processos erosivos em áreas urbanas (especialmente nas zonas de expansão urbana) e dos processos erosivos associados a obras civis e atividades de

mineração (obras viárias, minerações, implantação de empreendimentos empresariais ou condominiais, dutovias, linhas de transmissão, etc.) tem evoluído exponencialmente no país, implicando em altíssimos custos sociais, econômicos e patrimoniais para a toda a sociedade. Consideradas suas condições geológicas e seu clima tropical, classicamente propícios à ação dos processos erosivos, a quase completa ausência de maiores cuidados técnicos preventivos e corretivos no combate à erosão em todo o país, seja por descuido, seja por descompromisso com os interesses da sociedade, seja por desconhecimento técnico, constitui o principal núcleo causal desse gravíssimo problema.

Como um bom e didático exemplo do fenômeno, na Região Metropolitana de São Paulo a expansão urbana tem alcançado progressivamente terrenos topograficamente mais acidentados e geologicamente extremamente susceptíveis à erosão, e via de regra implicado em intensas e extensas operações de terraplenagem (na trágica cultura de se adaptar a natureza aos projetos, ao invés de se adequar os projetos à natureza), as quais têm exposto, invariavelmente e por longo espaço de tempo, grandes superfícies de solos à ação dos processos erosivos pluviais. Esta erosão é a origem do fantástico assoreamento de córregos, rios, bueiros, galerias de drenagem, constituindo-se em uma das principais causas das enchentes metropolitanas. Esses mesmos processos erosivos revelam-se também no preocupante assoreamento dos lagos/reservatórios componentes do sistema de abastecimento de água da região.

A erosão compromete assim tanto a área fonte dos sedimentos, destruindo a infraestrutura aí atingida, como as áreas para onde esses sedimentos são transportados pelas águas de chuva. Como exemplo, somente nos municípios da Grande São Paulo centenas de milhões de reais são gastos anualmente no desassoreamento da rede de drenagens naturais e construídas da Bacia do Alto Tietê, e outros tantos no enfrentamento das enchentes decorrentes. A liberação média de sedimentos por erosão está já na ordem de 10 a 15 toneladas/ha/ano na RMSP, o que implica em volumes anuais de até 3.500.000 metros cúbicos de sedimentos liberados para o assoreamento das drenagens.

Ainda que o fenômeno erosão já tenha sido razoavelmente estudado e medidas preventivas e corretivas venham sendo insistentemente recomendadas pelo meio técnico, o problema vem ainda, infelizmente, ocorrendo em larga escala, especialmente pela providência de combate à erosão junto à sua fonte de origem não ter sido até hoje considerada e priorizada. Para a implementação dessa providência seriam necessárias medidas de caráter preventivo e de caráter corretivo.

Naquilo que se refere às medidas de caráter corretivo, ou seja, de proteção das superfícies de solo já expostas à erosão, pode-se afirmar que sua não aplicação generalizada está diretamente associada ao alto preço final das alternativas mais conhecidas e comercialmente disponíveis para tanto: gramíneas em placa, hidrossemeadura, geo-texteis, telas fixantes, etc., uma vez que, no caso em questão, está envolvida a necessidade da proteção de enormes extensões de área. O uso alternativo de emulsão asfáltica é totalmente desaconselhável, dadas suas graves consequências de ordem ambiental e estética.

Acrescentem-se outras variáveis complicadoras como as comuns características de baixa fertilidade dos solos de alteração, os diversos tipos de exposição desse solo (taludes de corte das mais variadas alturas e inclinações, aterros, bota-foras, áreas planas e semi-planas, etc.), as diferentes condições de insolação de cada exposição, etc.

Cenário de gravidade semelhante apresenta-se em todo o país, indistintamente nos meios urbano e rural, junto aos variados tipos de obras civis, com destaque para as obras viárias da rede de estradas pavimentadas e da rede de estradas vicinais de terra.

Nestas condições, evidencia-se que o oferecimento de uma nova técnica de proteção de solos contra a erosão, de aplicação simples, eficaz e economicamente viável, é

fundamental para o sucesso de um programa de combate à erosão e, decorrentemente, terá imediata aceitação e grande mercado potencial de aplicação, tanto pelos agentes públicos como pelos agentes privados responsáveis pelos diversos tipos de empreendimentos referidos. O que possibilitará, então, uma expressiva redução dos processos erosivos e de assoreamento, com enorme economia para toda a sociedade.

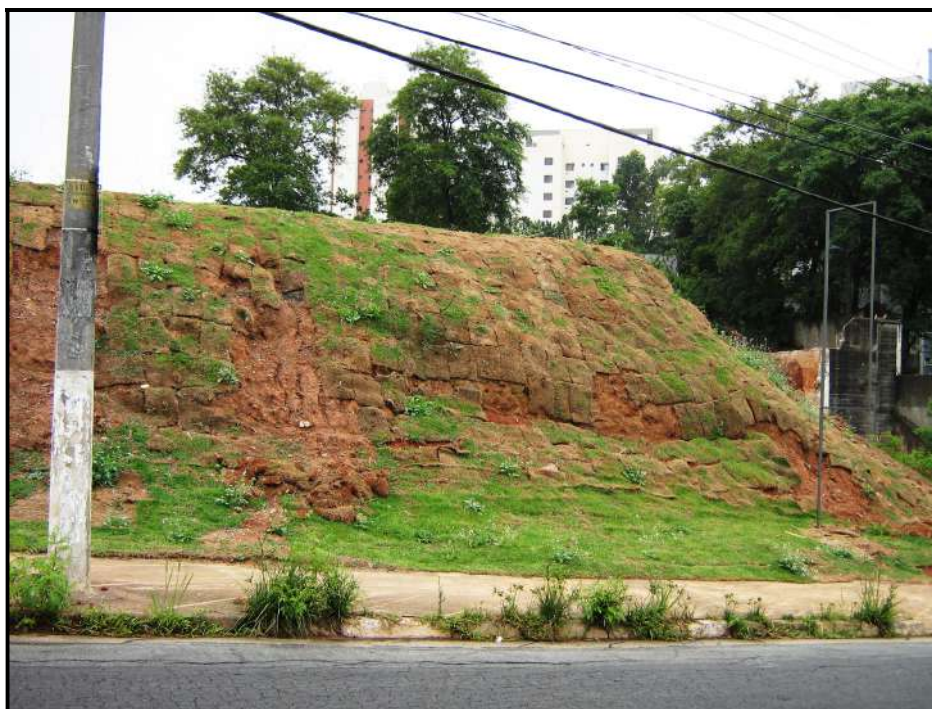
A técnica para tanto desenvolvida é baseada na pulverização de calda fluida de cal com aglutinantes fixadores sobre as superfícies de solo a serem protegidas, tendo como denominação a expressão “Cal-Jet”. A pulverização foi possibilitada através da utilização, com pequenas adaptações, de pulverizadores de uso agrícola, tanto os pulverizadores costais manuais, como pulverizadores motorizados.

O grande trunfo da técnica Cal-Jet é assegurado pela conjunção dos seguintes atributos: baixo custo, praticidade de aplicação, eficiência, durabilidade e alto rendimento na aplicação ($\text{m}^2/\text{dia}/\text{operador}$).

A aplicação da técnica Cal-Jet poderá atender situações de proteção permanente ou provisória, nesse caso quando se pretenda no futuro substituir a pintura de cal por algum tipo de revestimento vegetal de caráter paisagístico. No caso dessa substituição, bastaria apenas “arranhar” com um rastelo ou raspar a película de revestimento da pintura a cal e proceder de imediato o revestimento vegetal desejado, obviamente com os cuidados agronômicos de praxe.

Aspecto positivo importante ainda a se considerar é a neutralidade ambiental da técnica proposta, tanto do ponto de vista estético (permitindo inclusive a utilização de corantes adequados a cada diferente situação) e o não comprometimento dos solos protegidos (diferentemente das emulsões asfálticas) para eventuais futuras proteções vegetais.

Outro fator extremamente facilitador e conveniente está em que o talude ou superfície de solo a ser protegida pode apresentar qualquer inclinação ou geometria, assim como não demandaria uma operação anterior de regularização, uma vez que a pulverização atinge todas as eventuais irregularidades da superfície (pequenas cavidades, buracos, sulcos...).

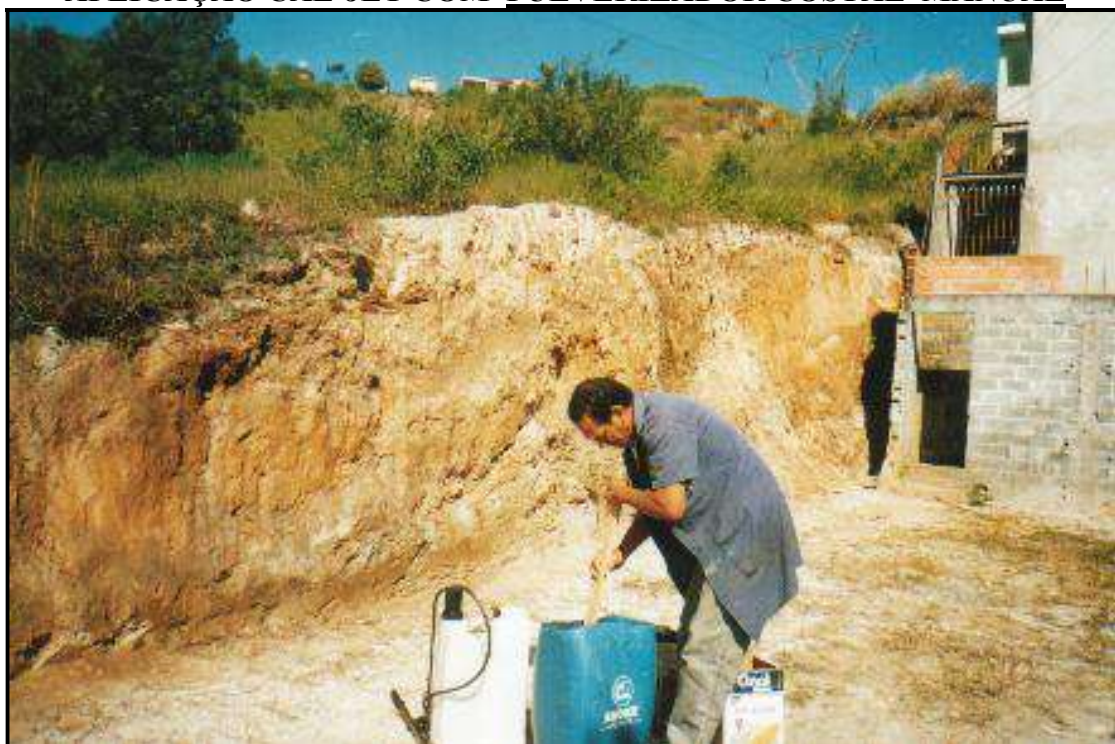


Grama em placa, uma boa solução na proteção contra a erosão. Porém, uma solução relativamente cara e que não se aplica a taludes de grande inclinação. Foto ARSantos

Todos aqueles interessados em obter o Manual de Execução da técnica Cal-Jet (que é disponibilizado gratuitamente) devem entrar em contato com o autor, que o repassará através de arquivo eletrônico.

Várias empresas privadas e instituições de pesquisa apoiaram o desenvolvimento desse projeto, com a cessão de materiais, equipamentos, aperfeiçoamento de componentes, execução de testes experimentais, etc. É senso comum ao responsável pelo desenvolvimento da técnica e a todas as empresas e instituições colaboradoras que seu uso não demandará qualquer tipo de pagamento de despesas com pagamentos de royalties ou algo do gênero, de forma a não criar nenhuma dificuldade à disseminação, divulgação e plena utilização da técnica por todos agentes sociais interessados.

APLICAÇÃO CAL-JET COM PULVERIZADOR COSTAL MANUAL



Preparando a calda



Executando a 1ª demão da pulverização com o pulverizador costal manual



Proteção concluída com a 2ª demão pigmentada e retoques pela crista do talude

APLICAÇÃO CAL-JET COM PULVERIZAÇÃO MOTORIZADA



O equipamento: motor 4 tempos a gasolina, bomba hidráulica de membrana e tanque misturador



O tanque misturador/agitador sendo carregado com cal. O talude a ser protegido ao fundo



Trabalhos da 1ª demão



Proteção concluída com 2ª demão pigmentada



Detalhe mostrando reentrâncias do talude alcançadas e protegidas pela pulverização



Mangueira de 30 metros possibilitando grande raio de ação



Talude antes da proteção



O mesmo talude após a proteção concluída



Lança presa em haste de madeira: expediente para se alcançar alturas maiores



Expediente para aplicação em áreas mais altas do talude



Aplicação concomitante com o avanço da terraplenagem.

4.32 - OBRAS SIMPLES DEVEM REOCUPAR ESPAÇO NOBRE NA ENGENHARIA

Difícilmente um Engenheiro brasileiro formado mais recentemente, incluindo aqueles provenientes das escolas de Engenharia tidas como as melhores do país, saberá projetar ou construir (ou até nem saberá o que mesmo venha a ser) um “pano de pedra” para proteção superficial de taludes, um muro de contenção de pedras rejuntadas, um revestimento primário em estradas não pavimentadas, paliçadas de pedra para dissipação de energia hidráulica, pequenos aterros/barragem, estruturas simples de vertedouros com pranchas de madeira, uma proteção de margens de córregos com sacos de solo-cal, uma pequena ponte de madeira, um dreno “espinha de peixe”, enfim, todo um enorme elenco de obras de caráter simples, de extrema eficiência e resolubilidade e que formidáveis serviços vêm prestando ao país ao longo de tanto tempo.

Mas, sem dúvida, esses mesmos jovens engenheiros terão formação escolar suficiente para colaborar em projetos de grandes barragens, usinas nucleares, pavimentos rígidos e flexíveis de autopistas, estruturas atirantadas de contenção, ousadas pontes estaiadas, túneis longos e tantas outras espetaculares e sofisticadas obras de engenharia.

É como se, por um motivo qualquer, a Engenharia brasileira (Engenharia, Arquitetura, Geologia, Agronomia) tivesse passado a associar o conceito de obras simples, ou, em um sentido mais abrangente, de soluções simples com a imagem de tecnologias ultrapassadas e/ou ineficientes.

Obviamente, não se trata de pretender ingenuamente que obras sofisticadas possam ser em qualquer situação substituídas por obras simples, ambas evidentemente têm seu lugar e hora. No entanto, o fato real é que pela perda da memória decorrente da falta de devido registro bibliográfico e pelo já falecimento de quase toda a última geração de engenheiros e mestres-de-obra que dominaram, em grande parte empiricamente, o uso de obras simples no país, assim como pelo desprezo com que hoje escolas de Engenharia tratam a questão, ou simplesmente não a tratam, a Engenharia brasileira está na prática deixando progressivamente de contar com a possibilidade real de ter essa alternativa como solução de tantos de seus problemas, mesmo nas situações (e são inúmeras) em que ela, a obra simples, constitui a alternativa de engenharia mais adequada técnica e economicamente para a solução pretendida.

Resultado: ou o problema fica sem solução e progressivamente se agrava (o que é mais comum) ou se adota, paradoxalmente por falta de conhecimento, uma solução sofisticada e cara que não seria adequada nem necessária e que muitas vezes, apesar dos altos custos envolvidos, acaba em fragoroso insucesso técnico.

É de imaginar a gravidade econômica e social dessa conjunção tecnológica para um país, como o Brasil, de dimensões continentais, fisiografia tropical diversificada e crônica escassez de recursos.

Vejamos um exemplo didático. A rede brasileira de estradas de rodagem alcança um total de aproximadamente 1.800.000 km, dos quais cerca de 1.600.000 correspondem a estradas vicinais e rurais de terra. Somente no Estado de São Paulo, o mais desenvolvido do país, a rede rodoviária total atinge cerca de 200.000 km, dos quais perto de apenas 27.000 correspondem a rodovias pavimentadas, ou seja, menos de 15% do total.

Desses números depreende-se de forma clara e inequívoca a importância da rede rodoviária de estradas de terra para a economia nacional e para as economias estaduais e municipais. Grande parte de nossa produção agrícola e agroindustrial é ainda transportada, especialmente nos trechos iniciais de suas rotas, por estradas de terra.

Como também, na zona rural milhões de pessoas utilizam-se diariamente dessas estradas nas suas locomoções para o trabalho, para escolas, para atendimentos de saúde, para vender e comprar mercadorias, enfim para todos os tipos de atividades humanas que exijam algum deslocamento.

Pois bem, a partir especialmente dos anos 60/70 procedeu-se a uma mudança radical nas tecnologias de conservação das estradas de terra. Do antigo sistema apoiado na histórica figura do “conserveiro” — funcionário cuja missão permanente estava na correção de pequenos defeitos em um pré-combinado trecho viário (algo como 10 km por “conserveiro”), impedindo, através de soluções simples e localmente adaptadas, a evolução de problemas por atacá-los logo em seu início —, passou-se aceleradamente para a conservação mecanizada, essencialmente baseada na utilização sistemática da “patrol”, ou seja, a moto-niveladora. A adoção intempestiva da tecnologia de conservação apoiada na ilusória eficiência da “patrolagem” sistemática implicou a contínua raspagem/remoção da camada de solos de melhor qualidade compactada pelo tráfego e por decorrência, o progressivo aprofundamento da estrada (pista em caixão), dificultando a drenagem, expondo camadas de solo cada vez menos consistentes e potencializando extraordinariamente os processos erosivos destrutivos. Um verdadeiro desastre tecnológico para nossa rede de estradas de terra, o que explica o lamentável estado em que se encontram. Um fato agravante é que, com o desaparecimento da figura do “conserveiro” e dos mestres-de-obra que orientavam seus trabalhos, muitas técnicas eficientes e simples se perderam, uma vez que esses conhecimentos empíricos nunca foram devidamente registrados ou ensinados para o aproveitamento de outras gerações de funcionários.

Um outro exemplo: por puro modismo tecnológico, o concreto projetado com tela de armação, técnica também conhecida por “tela argamassada”, vem sendo atualmente adotado como solução para os mais variados problemas de estabilidade de taludes. Seja o caso de uma suspeita de ruptura profunda, seja o caso do risco de desprendimento de blocos de rocha, seja o caso de uma desagregação ou uma erosão superficial, ou outro fenômeno qualquer, lá está a “milagrosa” solução: tela com concreto projetado, alternativa cara e que exige equipamentos pesados para sua execução. Pois bem, na maior parte dos casos em que a tela argamassada seria tecnicamente indicada (problemas superficiais de estabilidade), aplicar-se-ia, com muito menor custo, com emprego de materiais e mão-de-obra locais, o simples e eficiente “pano de pedra” (uma camada de pedras assentadas e rejuntadas solidariamente sobre a superfície do talude). Porém, desgraçadamente, alternativas simples como essa já não estão mais presentes na lembrança ou memória de contratantes e contratados.

O mesmo quadro tecnológico se observa na obsessão em enfrentar os problemas de enchentes urbanas somente através de obras estruturais caríssimas (alargamento e aprofundamento das calhas dos cursos d’água, piscinões, etc.), deixando-se de lado a alternativa de recuperar a capacidade de infiltração e retenção de águas de chuva na área através da implementação de um conjunto grande de obras e providências simples. É preciso que a Engenharia nacional entenda que obras e soluções simples não significam tecnologias ultrapassadas. Pelo contrário, constituem um campo tecnológico ao qual deve, por sua importância, ser dada uma enorme atenção em pesquisa tecnológica para o desenvolvimento de novas concepções e inovações. Nesse aspecto, recentemente foi desenvolvida pelo autor do artigo a técnica cal-jet, prática, barata e simples, capaz de proteger eficientemente um talude de solo da erosão através da pulverização de calda de cal com aditivo aglutinante.

Por certo, um saudável retorno ao princípio básico de sempre aliar-se à busca da eficiência tecnológica com a busca da maior economicidade possível automaticamente

implicará uma convivência virtuosa entre obras simples e sofisticadas. Para tanto faz-se indispensável que nossas escolas de Engenharia, como também as escolas de Arquitetura, Geologia e Agronomia, dediquem a atenção devida ao ensino e ao registro bibliográfico dessas soluções de engenharia mais simples, talvez até com a adoção de disciplina específica para tanto. Seria também muito salutar e oportuno que as instituições clássicas da Engenharia nacional (Sistema CONFEA/CREAs, Institutos e Clubes de Engenharia, Associações Técnicas, entre outras) colocassem o tema Obras Simples em pauta e o acolhessem em seus eventos técnicos.



Proteção de margens com sacos de solo-cal. (Foto do Autor)



Pano de pedra na proteção de margens de cursos d'água. (Foto do Autor)



Um pano de pedra em proteção de taludes com acabamento de crista. (Foto do Autor)



Um pequeno muro de arrimo de pedras rejuntadas. (Foto do Autor)



Pequena estrutura de arrimo de concreto com contrafortes. (Foto do Autor)



Gabiões: excelente solução de muro de gravidade autodrenante. Admite deformações de acomodamento sem perda da funcionalidade. Atualmente se faz necessário um esforço tecnológico de barateamento da gaiola de arame galvanizado ou plastificado, assim como, quando disponível, o uso de entulho de construção civil em vez de pedra graduada. (Foto do Autor)



Pequena ponte com escoramentos de toras de eucalipto.



Muro de contenção e proteção de margem com pneus amarrados e preenchimento de rachão.



Muro de contenção e proteção de margem com pneus amarrados e preenchimento de solo



Muro de pedras rejuntadas reforçado com pedaços de trilhos. Dentro de uma estratégia técnica de aproveitamento máximo de materiais disponíveis no local.

4.33 - A IMPERIOSA NECESSIDADE DE UM CÓDIGO FLORESTAL ESPECÍFICO PARA O ESPAÇO URBANO

O progressivo rebaixamento da qualidade ambiental de vida nos centros urbanos e os trágicos acontecimentos que recorrentemente atingem as cidades brasileiras impõem-nos a obrigação de melhor considerar as implicações da aplicação do atual Código Florestal ao espaço urbano. A propósito, no caso específico das cidades é indispensável que a necessária discussão que há por se fazer seja retirada do foco de tensão criado por polêmicas que tem origem na questão rural, não urbana.

Aliás, já existe entre ambientalistas, urbanistas, geólogos, engenheiros geotécnicos, juristas e toda a gama de profissionais que lidam com a questão urbana um pleno consenso acerca da impropriedade da atual legislação ambiental no que se refere à sua aplicação ao espaço urbano. É uma legislação inspirada na problemática rural, por decorrência, equivocada conceitual e estruturalmente para a gestão ambiental do tão singular espaço urbano.

Haverá o momento em que esse consenso se traduzirá na produção de uma legislação ambiental específica para as cidades e inspirada nessa complexa realidade ambiental e antrópica.

Como um exemplo dessa especificidade, considere-se que as áreas florestadas no espaço urbano podem ser criadas deliberadamente e em qualquer tipo de terreno ou situação geográfica pela administração pública e pelos agentes privados, ou seja, não necessariamente teriam que ser resultado da manutenção de corpos florestais naturais originais ou corredores biológicos obrigatoriamente associados a APPs. Poder-se-ia pensar, sob esse aspecto, e como exemplo, na obrigatoriedade legal de toda sub-bacia hidrográfica no espaço urbano possuir corpos florestais (bosques florestados naturais ou criados) que em seu conjunto viessem a perfazer no mínimo 12% da área total da sub-bacia. Essa providência de grande ganho ambiental e de extremo valor no combate às enchentes urbanas não está minimamente contemplada no atual Código.

Outra situação específica para o caso urbano: do ponto de vista de riscos geológicos e geotécnicos, como deslizamentos e processos erosivos, as áreas de topo das elevações topográficas são extremamente mais favoráveis do que as áreas de encostas para uma segura ocupação urbana. Essa qualidade geotécnica das áreas de topo de morro deve-se à formação de solos mais espessos e evoluídos, portanto mais resistentes à erosão, e à quase inexistência de esforços tangenciais decorrentes da ação da força de gravidade. Situação inversa ocorre com as encostas de alta declividade, instáveis por natureza e palco comum das recorrentes tragédias geotécnicas que têm vitimado milhares de brasileiros.

Esse aspecto geológico e geotécnico sugere que, dentro de um regramento ambiental da expansão urbana, possa-se evoluir na concordância em se liberar, sob condições, a ocupação dos topos de morro, aumentando-se as restrições para a ocupação das encostas.

Uma das condições para essa liberação seria a obrigatoriedade de adoção de concepções urbanísticas e dispositivos de engenharia para que, do ponto de vista hidrológico, a área de topo ocupada continuasse cumprindo o mesmo papel da área de topo inteiramente florestada, seja na recarga do aquífero, seja na proteção das encostas contra processos erosivos.

No que se refere ao aumento de restrições para a ocupação de encostas na área urbana, veja-se que o atual Código define como APP – Área de Preservação Permanente

somente as encostas com declividades superiores a 45° (100%). Outra vez a geometria se impondo à Ciência. Os conhecimentos geológicos e geotécnicos mais recentes e abalizados indicam que, especialmente em regiões tropicais úmidas de relevo mais acidentado, há probabilidade de ocorrência natural de deslizamentos de terra já a partir de uma declividade de 30° (~57,5%). Por seu lado, a Lei federal Nº 6.766, de dezembro de 1979, conhecida como Lei Lehmann, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no território nacional, em seu Artigo 3º, item III, proíbe a ocupação urbana de encostas com declividade igual ou superior a 30% (~16,5°), abrindo exceção para situações onde são atendidas exigências específicas das autoridades competentes. Consideremos que essas situações de exceções possam ser admitidas, desde que justificadas e sob responsabilidade técnica expressa, até um limite máximo de 57,5% (30°); pois bem, a leitura geológica e geotécnica dessa questão sugere

a providencial decisão de se reduzir de 45° para 30° o limite mínimo de declividade a partir do qual as áreas de encosta devam ser consideradas APPs no espaço urbano. Imagine-se o ganho ambiental para as cidades brasileiras que decorreria de uma medida de tanta racionalidade como essa, ou seja APPs florestadas em encostas já a partir de 30°, e não mais de 45°.

Um outro aspecto a se considerar diz respeito às APPs associadas a nascentes e cursos d'água em áreas urbanas consolidadas e em consolidação. De início é preciso perceber que em um espaço urbano uma APP nunca conseguirá cumprir os objetivos ambientais e ecológicos para ela preconizados no atual Código. Ou seja, os inúmeros conflitos judiciais provocados pela aplicação do atual Código às cidades seriam em grande parte eliminados com uma inteligente adequação dessa proteção ambiental às singularidades urbanas, com o que ganhariam o ambiente e a sociedade. A atual abertura para que os próprios municípios decidam sobre suas APPs e demais restrições ambientais de ocupação do espaço urbano não está se mostrando a melhor solução, pois que não dão uniformidade e perenidade à definição de leis e regras ambientais, ficando com sua validade condicionada aos sucessivos diferentes resultados de disputas políticas muito próprias das cidades brasileiras.

Cabe ainda lembrar que a extensa impermeabilização do solo promovida pelas cidades tem sido a causa principal das inundações urbanas, simplesmente pelo fato de provocar um vertiginoso aumento do escoamento superficial das águas de chuva, o que vai implicar diretamente no aumento do risco de inundações, como também em de um generalizado rebaixamento do lençol freático e respectiva perda de reservas hídricas estratégicas. Um Código Florestal não poderia, como o atual, deixar de regulamentar essa questão. Faz-se indispensável determinar medidas que conduzam à recuperação da capacidade de retenção e infiltração de águas pluviais pelas cidades, ao mesmo tempo que assegurem a redução de riscos de contaminação das águas subterrâneas.

Acrescente-se a essas situações a desastrosa tendência de crescimento urbano por espraiamento geográfico. A forma quase espontânea que tem caracterizado a expansão de nossas cidades, resultado de uma verdadeira expulsão da pobreza para as zonas periféricas e áreas impróprias para a urbanização, tem por décadas sustentado a tendência ao espraiamento geográfico horizontal com baixa concentração populacional, o que gera imensos problemas logísticos de transporte de pessoas e insumos, de extensão de serviços de saneamento básico, instalação de áreas de risco, assim como graves decorrências ambientais, econômicas e sociais. Do ponto de vista ambiental, seguidas áreas verdes vão dando lugar à ocupação urbana, mananciais de água vão sendo severamente comprometidos, seja por poluição, seja por total

desfiguração fisiográfica, áreas de risco e processos erosivos vão se instalando, alterações climáticas locais ganham expressiva e preocupante dimensão. Os exemplos explicitados respaldam a imperativa necessidade de produção de uma legislação ambiental especificamente voltada à realidade urbana brasileira. Uma legislação que, tendo em conta e respeitando as dinâmicas próprias do espaço urbano, seja capaz de contemplar e assegurar os atributos ambientais indispensáveis à qualidade de vida dos cidadãos. Que se realize esse bom debate em clima de soma e entendimento.