

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA SERRA DO MAR

Serra do Mar: Características Geológicas e Geotécnicas e Importância Estratégica. Os Bairros Cota.

Santos, A.R.

Geólogo, Consultor autônomo em Geologia de Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente
São Paulo – SP, Brasil santosalvaro@uol.com.br

Silva, S.G.

Engenheira Civil, Líder de Núcleo da Superintendência de Projetos e Obras – Diretoria Técnica da CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
São Paulo – SP, Brasil sgsilva@cdhu.sp.gov.br

Nouh, J.R.

Engenheiro civil, Nouh Engenharia Ltda
São Paulo – SP, Brasil nouh@terra.com.br

Resumo: Este trabalho pretende mostrar o significado ambiental e estratégico da escarpa da Serra do Mar para a sociedade paulista e brasileira e, como decorrência, a importância do entendimento da dinâmica geológica dessa região e de seu comportamento diante de empreendimentos humanos que aí são instalados. Do ponto de vista geológico e geotécnico a Serra do Mar constitui a região brasileira mais suscetível a escorregamentos de solos e rochas. De um ponto de vista estratégico a escarpa da Serra do Mar faz a interface entre a área mais desenvolvida do país e o porto de Santos, o qual é responsável pela exportação e importação dos mais variados tipos de produtos e opera 54% dos containeres no país. Esta condição logística da região requer que a funcionalidade e operacionalidade das rodovias e ferrovias, oleodutos, gasodutos e linhas de transmissão de energia que atravessam a Serra, assim como os empreendimentos industriais do sopé das montanhas, não sejam colocados em risco por acidentes de ordem geológico-geotécnica.

Apesar dessa importância, a expansão urbana desordenada em direção às encostas da Serra do Mar têm aumentado sensivelmente nos últimos anos, especialmente a partir dos municípios situados no litoral médio e norte do estado.

Além de degradar o maior patrimônio ambiental do estado, estas ocupações tem se constituído frequentemente em um cenário de sérios e fatais acidentes relacionados a áreas de risco geológico invariavelmente produzidas por mutilações causadas pelas construções nas instáveis e íngremes encostas. Adicionalmente, elas tem comprometido as condições sanitárias de mananciais de enorme importância estratégica para o abastecimento de água dos municípios litorâneos.

Abstract: This work shows the environmental and strategic significance of Serra do Mar scarp for the São Paulo State and Brazilian society, and, as a consequence, the importance of the geological dynamics understanding of this region and their behavior towards human works.

From geological and geotechnical standpoint, Serra do Mar constitutes the Brazilian region more naturally susceptible to soil and rock slides. From strategic standpoint, Serra do Mar scarp is a link between the country's most developed areas and the port of Santos, which is responsible for exports and imports of industrial products, and operates 54% of containers in the country. This logistic condition of the region requires that functionality and operations of road and rail links, oil and gas pipelines, and electric power

transmission lines crossing Serra do Mar, as well industrial facilities at the mountain foot, shall not be endangered by geological-geotechnical accidents.

Despite this importance, the disorderly urban expansions toward Serra do Mar slopes have increased over the last years, from coastal municipalities located along the middle and north portions of the State coast.. In addition to downgrading the State's major environmental asset, such occupations have constantly constituted a frequent stage for serious and fatal accidents related to geological risk areas that are invariably generated by mutilations caused by constructions to unstable and steep mountain slopes. Additionally, they have jeopardized the sanitary conditions of water sources that have a strategic significance for water supply to coastal municipalities.

1 INTRODUÇÃO

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-existentes 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 escravos 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), de tal sorte que os projetos e obras de intervenção admitissem características que de alguma forma 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”.

Hoje pode-se dizer que, graças especialmente à dedicação de seus geólogos, geógrafos e engenheiros geotécnicos, 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.

2 AS MAIORES AMEAÇAS A QUE ESTÁ SUBMETIDA A SERRA

É uma bênção termos a apenas alguns quilômetros das maiores concentrações urbanas do Sul-Sudeste brasileiro uma floresta natural, o pouco que nos resta da Mata Atlântica, que nada fica a dever à própria Floresta Amazônica em beleza natural e biodiversidade vegetal e animal, capaz ainda de cumprir importantíssimo papel de

regulação climática e ambiental. Paradoxalmente, essa benção, que tão poucos cidadãos do mundo detêm, não é suficientemente conhecida e reconhecida pela própria sociedade que direta ou indiretamente a desfruta. A Serra do Mar ainda continua a representar para a grande maioria dos cidadãos apenas um desnível a ser vencido em suas viagens de ida e volta ao litoral. Onde se compreender a desinibição e a frequência das agressões e mutilações que esse imensurável patrimônio ambiental e cultural vem sofrendo ao longo do tempo à plena vista de toda sociedade que lhe é vizinha.

Utilizo-me nesse artigo de situações próprias do trecho paulista da Serra do Mar, porém as considerações tecnológicas, fisiográficas, ambientais e logísticas tratadas nas análises e proposições são válidas para toda a extensão territorial da Serra, o que envolve os estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro.

Do ponto de vista das transposições viárias da Serra, como das obras civis a elas similares, a segunda pista da Rodovia dos Imigrantes, recém inaugurada, implantou um referencial de conceitos de projeto e planos de obra de excelência ímpar, totalmente adequado às sensíveis características naturais da Serra, particularmente a extrema suscetibilidade de suas encostas 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.

No entanto, como conseqüência do grande aumento populacional que vêm se verificando nas últimas décadas nos municípios litorâneos do Estado, especialmente em seu litoral centro-norte, notadamente nos municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião, Ilha Bela, Bertiooga, Guarujá, Cubatão, Santos e São Vicente, tomam vulto crescente as expansões urbanas, regulares e irregulares, sobre as encostas da Serra. Ressalte-se que esse vetor de expansão urbana em direção aos domínios da Serra não se dá somente a partir dos núcleos urbanos principais desses municípios, mas também a partir de muitos de seus bairros-praia ao longo de todo o litoral. Essas expansões urbanas têm generalizadamente se pautado pela completa ausência de planejamento e qualquer critério técnico mais adequado à região, pelo desrespeito às leis de proteção ambiental da região e pela total desconsideração do significado social, econômico, estratégico e ambiental da Serra do Mar para a sociedade paulista. Não por outro motivo, como

verdadeiras e ostensivas agressões, têm composto o cenário de graves acidentes geológicos e ambientais que se multiplicam a cada ano, com enormes perdas materiais e muitas vítimas.

Do ponto de vista geológico e geotécnico, e considerada a alta pluviosidade da região, a Serra do Mar constitui a região brasileira mais susceptível naturalmente a escorregamentos de solos e rochas. Registre-se que a floresta natural desempenha um papel físico decisivo na defesa das encostas contra os escorregamentos. Floresta e encostas compõem um mesmo organismo geológico, são inseparáveis. Se já naturalmente em um equilíbrio geológico instável, uma vez submetidas à ação humana, seja por desmatamentos, seja por cortes, seja por interferência em suas drenagens, seja por sobrecarga de aterros, as encostas da Serra têm sua instabilidade potencializada e invariavelmente responde com uma diversificada tipologia de escorregamentos: escorregamentos planares, escorregamentos profundos, corridas de lama e detritos, movimentação de corpos de tálus, desprendimento de blocos de rocha... Os milhares de cidadãos brasileiros que em tempos passados e contemporâneos já morreram soterrados por essas avalanches de terra e rocha deveriam ao menos representar para todos o eloqüente aviso que a própria Natureza nos passa já há séculos: essa região não deve ser ocupada por instalações urbanas.

Do ponto de vista econômico e estratégico é importante lembrar que a Serra faz a interface geográfica entre a maior zona portuária exportadora e importadora e a região mais industrializada e mais populosa do país, é transposta por uma densa rede de ligações rodoviárias e ferroviárias, oleodutos, gasodutos, linhas de transmissão e possui instalações industriais e energéticas importantíssimas em seu topo e sopé.

Essa condição logística vital para o país implica que toda essa infra-estrutura instalada não pode de forma alguma ter sua funcionalidade e operacionalidade ameaçadas por acidentes geológico-geotécnicos direta ou indiretamente provocados por formas indevidas de ocupação territorial da Serra

Os aspectos geológicos, ambientais e estratégicos apontam inequivocamente para a necessidade urgente de políticas e programas voltados a colocar sobre total controle as relações entre os vetores de expansão urbana e os domínios da Serra do Mar, o exigirá que as administrações públicas envolvidas, sejam federais, estaduais ou municipais, hajam firmemente e de imediato no sentido de discipliná-los técnica e espacialmente,

única forma de se evitar preventivamente acontecimentos que poderão ser catastróficos, quer quanto a prejuízos patrimoniais, econômicos e ambientais, quer quanto a perda de vidas humanas.

Para tanto, é fundamental que se tenha em conta que o principal protagonista das ocupações urbanas que estão hoje a se estender pelas encostas da Serra do Mar é a população de baixa renda, e que esse movimento em direção à Serra explica-se por sua necessidade de buscar moradia própria em condições de custos que caibam em seu parco orçamento familiar. Ou seja, a solução dessa intrincada equação geológico-social exige também a adoção de programas habitacionais capazes de oferecer alternativas de moradia na

mesma ordem orçamentária que essa população encontra nas perigosas encostas da Serra.

Nesse sentido, o **PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA SERRA DO MAR**, que o governo paulista vem implementando sob a liderança da Secretaria da Habitação e da Secretaria do Meio Ambiente, e que tem como primeira etapa uma audaciosa ação junto aos famosos Bairros Cota, contíguos à Via Anchieta no município de Cubatão, representa uma notícia extremamente auspiciosa. Esse Programa poderá, à semelhança da Rodovia dos Imigrantes para as obras viárias, vir a se constituir no paradigma tecnológico brasileiro para o caso das ocupações urbanas de regiões serranas tropicais.

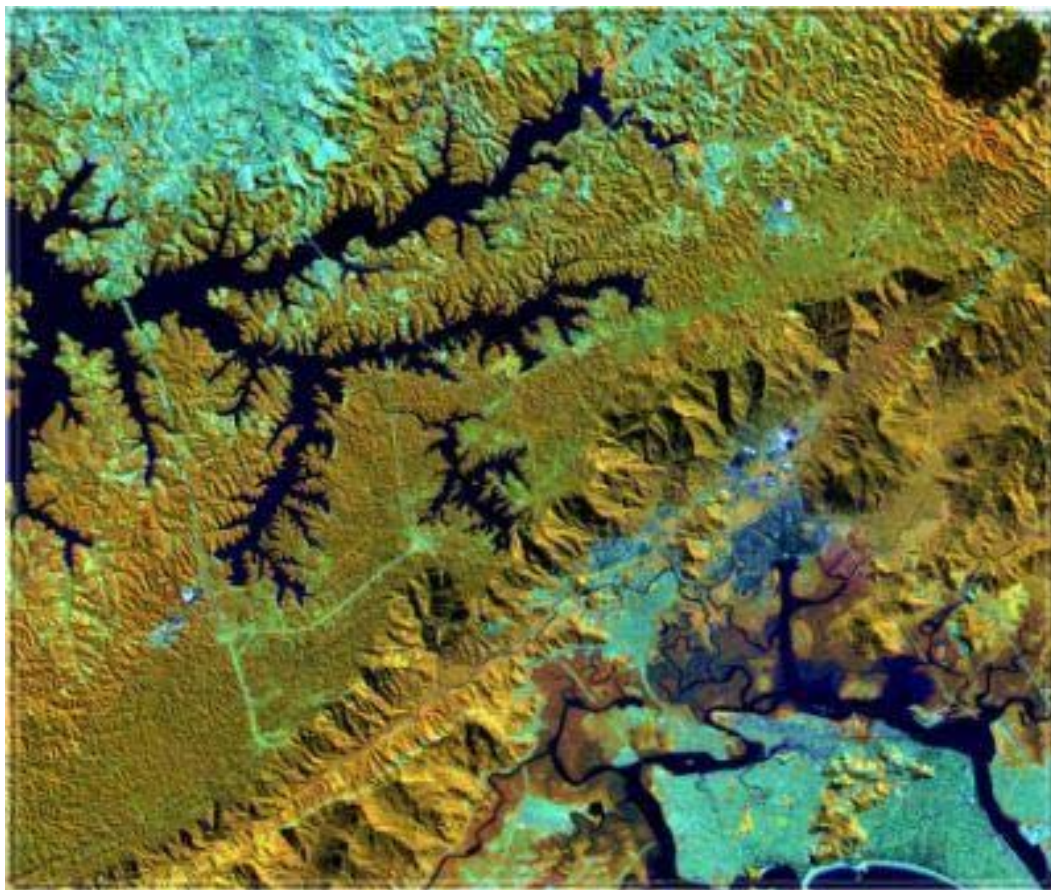


Figura 1: Imagem de satélite mostrando parte sul da RMSP, Represa Billings, escarpa da Serra, Vale do Cubatão e do Mogi, Rodovia Imigrantes, Anchieta, Ferrovia Sorocabana e Santos-Jundiaí, Cubatão, Santos e São Vicente

3 SERRA DO MAR: CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Serra do Mar constitui a escarpa montanhosa da borda oriental do Planalto Atlântico e estabelece sua fronteira geográfica com a Baixada Marinha. Acompanha a direção NE-SW do litoral sudeste brasileiro, com desnível médio de 1.000 metros

em largura média de 10 quilômetros, estendendo-se por cerca de 1.000 quilômetros do estado do Rio de Janeiro ao estado de Santa Catarina. Representa o maior corredor biológico contínuo da Mata Atlântica no país – 315.390

3.1 O Parque Estadual da Serra do Mar

O PESM foi criado pelo Decreto Estadual n.º 10.251, de 30 de agosto de 1977, constituindo a maior unidade de conservação ambiental do Estado de São Paulo. Com 315.390 ha, estende-se por toda a faixa litorânea do estado, envolvendo as escarpas da serra, porções contíguas do planalto, alguns promontórios marinhos e algumas extensões da planície costeira. ***É a maior extensão contínua preservada da Mata Atlântica no Brasil.*** Abrange áreas pertencentes a 28 municípios paulistas: Bariri, Bertiooga, Biritiba-Mirim, Caraguatatuba, Cubatão, Cunha, Iguape, Itanhaém, Jquitiba, Mogi das Cruzes, Mongaguá, Natividade da Serra, Paraibuna, Pariqueira-Açu, Pedro de Toledo, Peruíbe, Praia Grande, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santo André, Santos, São Bernardo do Campo, São Luiz do Paraitinga, São Paulo, São Sebastião, São Vicente, Suzano e Ubatuba.

O Parque é gerenciado por meio de oito núcleos administrativos, o que facilita a gestão, considerando a sua extensão. Três sedes estão no planalto: Cunha, Santa Virgínia e Curucutu; cinco na região litorânea: Picinguaba, Caraguatatuba, São Sebastião, Itutinga Pilões (com sede em Cubatão) e Itariru. Esses núcleos configuram um mosaico de situações diversas, caracterizadas em função do uso do solo e dos programas de manejo desenvolvidos ou potenciais, demandando uma atuação diferenciada da administração, considerando ainda o domínio das terras, que são públicas ou estão em diversos estágios de regularização fundiária.

3.2 Características fisiográficas

3.2.1 Clima

As condições climáticas predominantes nas encostas da Serra do Mar integram as características microclimáticas da Baixada Santista, aquelas definidas por um clima tropical quente e úmido. Os maiores índices pluviométricos são registrados nas cotas mais altas da Serra (médias anuais em torno de 4.000 mm), e os menores, no sopé da escarpa (médias anuais em torno de 2.500 mm). A maior precipitação pluviométrica (70%) está concentrada nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março). No inverno (junho, julho e agosto) ocorrem as menores médias pluviométricas.

Na Serra as temperaturas médias anuais ocupam uma faixa em torno de 19°C, com valores nitidamente crescentes da borda do Planalto para o sopé da escarpa.

3.2.2 Vegetação

A floresta tropical úmida que caracteriza a Mata Atlântica nos domínios da Serra do Mar é cientificamente denominada Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica de Encostas. Destacam-se como suas principais características:

- Grande diversidade florística;
- Grande endemismo de espécies;
- Árvores maiores atingindo até 25 a 30 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, lianas e epífitas como bromélias e orquídeas;
- Enraizamento superficial e sub-superficial intenso e denso;
- Auto-abafante de incêndios.

3.2.3 Geologia e geotecnia – susceptibilidade a escorregamentos

A Serra do Mar constitui a região brasileira mais susceptível a escorregamentos de solos e rochas, a ponto desses fenômenos ocorrerem naturalmente, ou seja, independentemente de ações diretas ou indiretas por parte do homem, sendo por essas incrivelmente potencializados.

É importante destacar que os escorregamentos planares rasos são aqueles mais associados diretamente à dinâmica das encostas da Serra, apontando, por seu grau de incidência, as zonas menos ou mais instáveis dessas encostas.

A ocorrência desses 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.

Registre-se que a floresta natural desempenha um papel físico decisivo na defesa das encostas contra os escorregamentos. Floresta e encostas são inseparáveis, pois compõem um mesmo organismo geológico. A Serra tem naturalmente um equilíbrio geotécnico instável.

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.

3.2.4 Tipologia de movimentos de massa

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.

Tabela 1: CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA (ESCORREGAMENTOS)

TIPOS		CARACTERÍSTICAS
N A T U R A I S	Rastejo, Solifluxão	Movimentos de grande lentidão e intermitência no horizonte superior de solos superficiais
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Desmonte hidráulico de solos superficiais especialmente associado a encostas retilíneas com inclinação acima de 30° e rupturas positivas de declive
	Corridas de lama e 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 matacões superficiais
I	Movimentação de tálus e corpos coluvionares	Movimentação de grandes massas coluvionares quando cortadas ou sobrecarregadas por algum tipo de intervenção humana

TIPOS		CARACTERÍSTICAS
N D U Z I D O S	Escorregamentos rotacionais profundos	Escorregamentos de grandes massas de solo devido especialmente a escavações de pé de talude, sobrepeso, alterações de drenagem, desmatamento, etc
	Escorregamentos 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 matacões, etc
	Colapso em saprolito fraturado	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

Nota: Tabela retirada do livro do autor "A Grande Barreira da Serra do Mar"

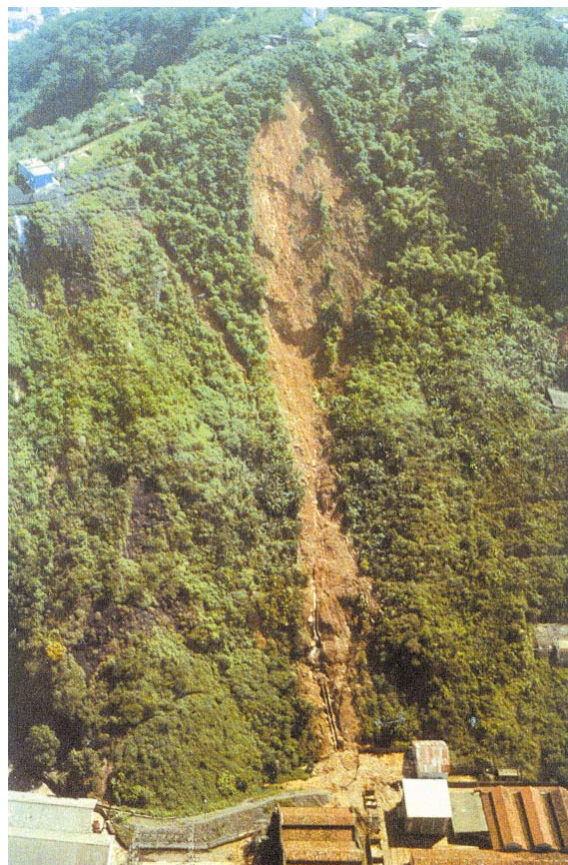


Figura 2: Escorregamento planar raso típico



Figura 3: Resultado de corrida de lama e detritos que atingiu instalações da Petrobrás no ano de 1984



Figura 4: 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.

3.2.5 A importância da floresta na inibição de escorregamentos

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 conseqüência 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 escorregamentos.

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 geológicos em que a floresta, por algum motivo, fenecia; deixando assim expostos à erosão e aos escorregamentos os solos superficiais anteriormente formados. 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 seguiram.

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 conseqüências 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 escorregamentos, 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, as encostas desmatadas viram-se sujeitas aos mais variados tipos de escorregamentos e processos erosivos superficiais, acarretando até hoje gravíssimos e dispendiosos problemas para a segurança do tráfego ferroviário no trecho. Esse erro infelizmente foi reproduzido mais tarde também em algumas obras da engenharia nacional em encostas serranas tropicais.



Figura 5: Inúmeros escorregamentos planares rasos que ocorreram no vale do rio Mogi como consequência do início do fencimento da floresta por efeito de chuvas ácidas

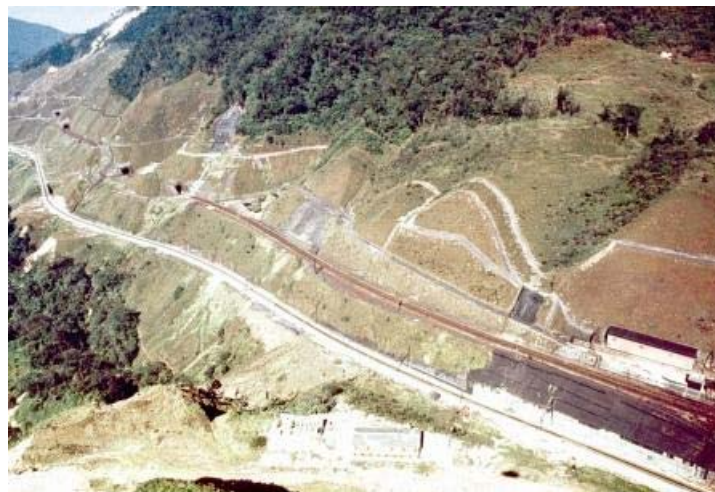


Figura 6: Enorme faixa desmatada a montante da ferrovia Santos Jundiaí na travessia da Serra do Mar. Erro grave cometido pelos ingleses ao imaginar que as árvores da floresta tropical poderiam potencializar escorregamentos. Ao contrário, foi esse desmatamento que induziu o enorme número de escorregamentos com que teve que conviver a ferrovia desde sua construção.



Figura 7: Erro idêntico cometido pela engenharia brasileira no trecho Serra do Mar da Estrada de Ferro Sorocabana. Notar os inúmeros escorregamentos associados a esse desmatamento.

4 MUNICÍPIO DE CUBATÃO - BAIROS COTA: UM BREVE HISTÓRICO

A implementação do PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA SERRA DO MAR está iniciando-se deliberadamente pelo caso mais extenso e grave de avanço urbano sobre as encostas da Serra do Mar, os famosos Bairros Cota contíguos à Via Anchieta em território pertencente ao município de Cubatão.

A Via Anchieta, na sua decida para a Baixada, desenvolve-se inicialmente ao longo das vertentes do vale do rio Pilões, afluente do rio Cubatão, e, em seu trecho final, ao longo da vertente esquerda do próprio vale do rio Cubatão. No trecho inicial, instalaram-se os Bairros-Cota 500 e 400, e no trecho final instalaram-se os bairros maiores, os Bairros-Cota 200, 100/95 e Pinhal de Miranda/Fabril. A denominação Cota é exatamente uma referência às cotas topográficas em torno das quais se entendem os bairros.

A origem desses bairros prende-se ao tempo de construção da Via Anchieta, iniciada em 1939 e terminada (segunda pista) em 1953. Em 1945, o DER-Departamento de Estradas de Rodagem e as empresas contratadas trabalhavam na Serra com perto de 5 mil operários distribuídos nos mais variados serviços de implantação da rodovia. Necessidades operacionais e logísticas levaram à decisão de alocar parte desses trabalhadores em acampamentos instalados nas próprias encostas da Serra, e, ao final das obras, grande parte desses trabalhadores, optaram por aí continuar a morar, dando origem aos atuais Bairros-Cota. A partir do final da década de 70, refletindo o grande impulso de industrialização de Cubatão e a construção civil a ele associada, houve uma verdadeira explosão habitacional nos Bairros-Cota, que passaram a abrigar, muito rapidamente, de apenas alguns milhares de moradores para perto de 25 mil.

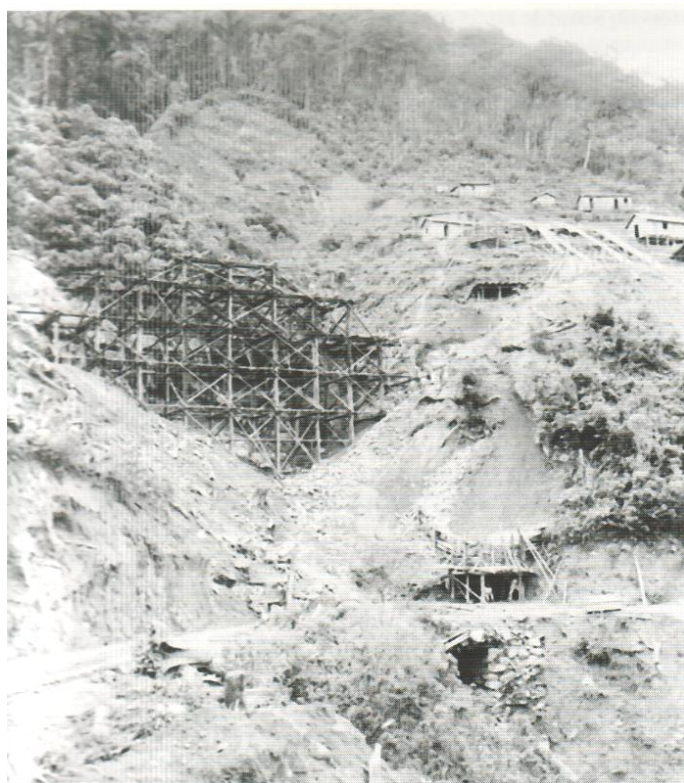


Figura 8: Imagem - Grande impacto ambiental à época da construção da Via Anchieta.



Figura 9: Foto aérea identificando os bairros Cota 200, Cota 100/95 e Pinhal do Miranda/Fabril, as rodovias Anchieta e Imigrante e dutos da Petrobrás e da Usina Henry Borden

4.1 Ocupação e Riscos

Antes da ocupação urbana as áreas consideradas já haviam sofrido intensa intervenção humana por conta da abertura da via Anchieta com amplos desmatamentos, estradas de serviço, cortes e aterros. O desmatamento para a produção de lenha e carvão também cumpriu um fator importante de alteração da dinâmica natural desses terrenos. Portanto, a Serra do Mar na região de Cubatão, aliada à natural instabilidade das suas encostas, sofreu uma vigorosa intervenção humana, toda ela de viés desestabilizador do ponto de vista geológico-geotécnico.

Escorregamentos com vítimas fatais têm sido uma constante nos Bairros-Cota, especialmente a partir do final de década de 70. Sucessivos estudos geológicos e geotécnicos desde há muito têm sido realizados na região, caracterizando processos, fenômenos e riscos e indicando as ações públicas necessárias ao equacionamento do problema e à redução dos acidentes. Porém, as administrações públicas sempre tiveram muita dificuldade em implementar as medidas indicadas, o que corroborou, em muito, para a ocorrência de acidentes e para a continuidade do crescimento urbano desordenado. O maior exemplo são as ocupações de áreas de declividade acentuadas (nas encostas mais íngremes de montante e nas vertentes abruptas de vales de drenagem) e a ocupação do local conhecido como Morro do Piche (hoje já desocupado), obra de estabilização promovida pelo DER na busca do estancamento

da movimentação de um corpo de tálus interceptado pela Via Anchieta.

Um exemplo trágico desse cenário ocorreu em janeiro de 1988 quando, por dificuldades de ação rápida da administração pública, 10 vítimas fatais foram soterradas por escorregamentos que atingiram casas para as quais um mês antes os técnicos do IPT haviam sugerido desocupação e remoção imediatas.

Os aglomerados urbanos mais antigos e extensos das cotas 200, 100/95 e Pinhal de Miranda/Fabril instalaram-se, natural e compreensivelmente, sobre áreas geomorfológicas de relevo mais suave, o que vale dizer que, em sua maior extensão, estão instalados sobre corpos e depósitos coluvionares de meia encosta e corpos de tálus assentados em anfiteatros,

As áreas de montante, a Norte, apresentando encostas mais abruptas, vêm sendo progressivamente ocupadas, o que as caracteriza hoje como os setores mais críticos do ponto de vista de segurança geotécnica. Da mesma forma, vêm sendo ocupadas as vertentes inclinadas de vales de drenagem mais fechados, com as moradias tanto padecendo das precárias condições de estabilidade geotécnica dessas vertentes, como do risco de solapamento decorrente do grande aumento de vazão que os cursos d'água da Serra apresentam nas ocasiões de alta pluviosidade. Exemplo maior da perigosa ocupação dessas vertentes é a área conhecida por Grotão, situada junto ao bairro Pinhal de Miranda, no bordo Sul da via Anchieta.

Ressalte-se que toda essa ocupação urbana tem se dado a partir de uma temerária seqüência de medidas totalmente inadequadas para as condições geológicas e geotécnicas da região: produção de patamares planos por meio de

procedimentos de desmatamento/corte/aterro. A situação agrava-se posteriormente com alteração de drenagens, plantio de roças de banana e mandioca, adução e esgotamento de águas etc.

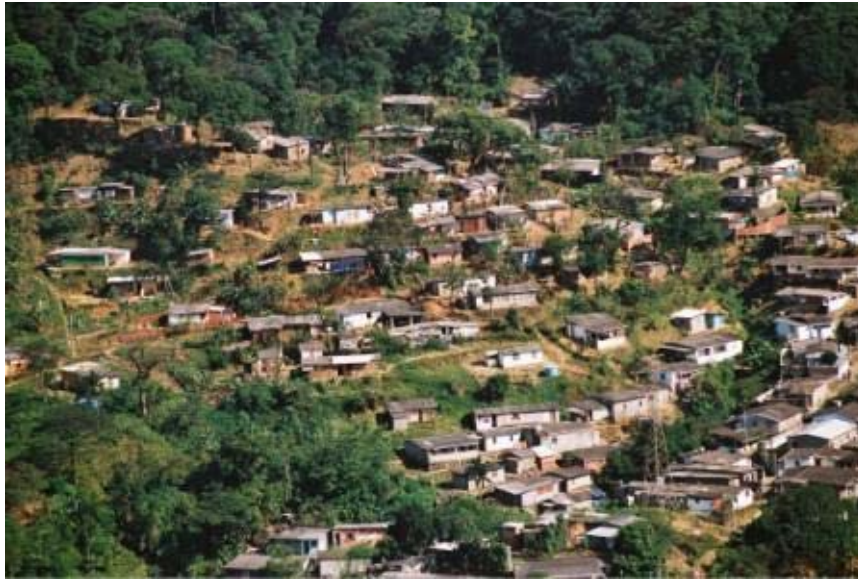


Figura 10: O contínuo avanço para as cotas mais íngremes



Figura 11: Cota 95/100: mesma tendência. Notar perigosa proximidade da via Anchieta e dos dutos da Petrobrás

5 BASES TÉCNICAS E CONCEITUAIS DOS SERVIÇOS DE ESTABILIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

Dadas as características já descritas da Serra do Mar, foi natural e imperioso que os fatores geológicos e geotécnicos fossem adotados como referência básica para todas as decisões sobre remobilizações ou consolidações de áreas já ocupadas e para as definições dos mais variados aspectos associados aos projetos de urbanização.

Os bairros resultantes da requalificação urbana serão dotados de condições geológico-geotécnicas mais seguras que as atuais, reduzindo a probabilidade de ocorrência de acidentes geotécnicos. Considerado esse entendimento, o Programa providenciará a mais completa exposição e divulgação do quadro descrito para as partes envolvidas, de forma que estas possam agir de forma solidária e comprometida com o alcance

técnico da implantação e manutenção das medidas propostas.

5.1 Premissa conceitual

As medidas destinadas a aumentar o grau de segurança geotécnica das áreas urbanizadas a serem consolidadas priorizaram, como conduta técnica, as ações preventivas de inibição dos fatores mais comuns de instabilização

(cortes/aterros, desmatamento e infiltração de água).

É parte integrante dessa premissa conceitual o entendimento de que projetos, obras e serviços de urbanização (viário, drenagem, saneamento, Código de Obras) deverão adequar-se ao atendimento desses preceitos geológico-geotécnicos.

Linhas Principais de Intervenção nos Trabalhos de Estabilização Geotécnica e de Urbanização

- Redução máxima da infiltração de água no terreno e facilitação máxima da drenagem de águas infiltradas;
- Estabilização e contenção de terrenos já instabilizados ou potencialmente instáveis por meio de obras e serviços simples e leves;
- Impedimento radical da execução de cortes ou aterros;
- Recuperação florestal imediata das áreas desocupadas;
- Elaboração e divulgação de regulamento técnico com regras de conduta para os moradores e para a administração pública municipal.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. A evolução geomorfológica. In: *A Baixada Santista – Aspectos geográficos*. São Paulo: EDUSP, 1965, p. 49-66.

_____. A gestão do espaço natural (relembrando Caraguatatuba 1967, para compreender Cubatão, 1985). *Rev. Arquitetura e Urbanismo*. São Paulo, FAU-USP, 1:90-93.

_____. A Serra do Mar e a Mata Atlântica. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, n. 4, 1950, p. 61-68.

_____. Contribuição à Geomorfologia do Litoral Paulista. In: *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, ano XVII, 1, 1955, p. 3-48.

_____. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Revista Paleoclimas*, São Paulo, 3, Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1977.

ABRAMENTO, M. *Resistência a cisalhamento de solos não saturados: considerações teóricas e estudo experimental sobre solo coluvionar das encostas da Serra do Mar*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988. 185p.

ALMEIDA, F. F. M. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Cubatão. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, v. 15, 1953, p. 3-17.

_____. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48, 1976, p. 15-26.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, n. 28, 1976, p. 135-150.

AUGUSTO FILHO, O. O estudo das corridas de massa em regiões serranas tropicais: um exemplo de aplicação no Município de Ubatuba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. *Anais*. São Paulo: ABGE, v. 2, 1993.

BACARO, C.A.D. *Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar*. Dissertação de Mestrado, Depto de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983. 165p.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, 1965, p. 153-196.

_____. Significado paleogeográfico e paleoclimático dos depósitos rudáceos. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, 1965, p. 7-16.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, 1965, p. 85-116.

_____. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, 1965, p. 117-152.

CARVALHO, C. S. *Estudo da infiltração em encostas de solos insaturados na Serra do Mar*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989. 154p.

- CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (2008; 2009), documentação vária sobre o Programa de Recuperação Socioambiental da Serra do Mar.
- CRUZ, OLGA. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar em Caraguatatuba-SP. In: Simpósio Internacional sobre o Quaternário. *Anais*. São Paulo, Academia Brasileira de Ciências, 1975, supl. 47-479-480.
- _____. *Estudos dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba-SP*. Tese de Livre Docência, Depto. de Geografia FFLCH da USP. São Paulo, 1982. 151p.
- _____. *Studies on the geomorphologic processes of overland flow and mass movements in the brazilian geomorphology*. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 30(9), p. 504-507, set. 2000.
- DERSA. Rodovia dos Imigrantes. In: SEMINÁRIO DERSA, 1, 1976, São Paulo, 1976.
- FÚLFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. et al. Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual e registro da coluna sedimentar da planície costeira adjacente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1, 1976, Rio de Janeiro. *Anais*. São Paulo: ABGE, 1976, v. 2, p. 341-350.
- _____. Recent Tectonic Features in the Serra do Mar Regions State of São Paulo Brazil, and its Importance to Engineering Geology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING GEOLOGY, 2, 1974, São Paulo. *IAEG Proceedings*, v. 1, p. II-7.1-II-7.5, 1974.
- GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. *Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido*. São Paulo: IPT, 1976. 48p. (IPT – Publicação, 1080).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Base físico-territorial do Estado de São Paulo para recursos hídricos – Revisão cartográfica*. 3 v. São Paulo: DAEE, 1992.
- _____. *Estudo das instabilizações de encostas da Serra do Mar na região de Cubatão objetivando a caracterização do fenômeno “corrida de lama” e da prevenção de seus efeitos*. São Paulo: IPT, 1988. (IPT – Relatório, 26.258).
- _____. *Levantamento das condicionantes do meio físico e estabelecimento de critérios normativos para a ocupação urbana dos morros de Santos e São Vicente (Carta geotécnica)*. São Paulo: IPT, 1978. (IPT – Relatório, 11.599).
- _____. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Escala 1:500.000, 1981, 130p., 2 v. (IPT – Publicação, 1183 – Monografia, 5).
- _____. *Programa Serra do Mar – Estudos dos principais mecanismos de instabilização*. São Paulo: IPT, 1988. (IPT – Relatório 25.957, 2 v.)
- _____. *Programa Serra do Mar – Levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1986. IPT – Relatório 23.394., 4 v.)
- JONES, F. O. Landslides in Rio de Janeiro and the Serra das Araras escarpment, Brazil. *U.S. Geological Survey Professional Paper 697*. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1973, p. 42.
- LOPES, J. A. U. The Evolution and Stability of Tropical and Subtropical Hillslopes and their Importance in the Engineering Geology Practice. *Proceedings of V IAEG Congress, Buenos Aires, 1986, p. 2029-2038*.
- MOUSINHO, M. R.; BIGARELLA, J. J. Movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, n. 16/17, 1965, p. 43-84.
- PASTORE, E. L.; CELESTINO, T. B.; SANTOS, A. R. Transposição viária de regiões serranas através de túneis longos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 3, 1994, Brasília. *Anais*. São Paulo, ABGE e outras, 1994, 14p.
- PIRES NETO, A. G. Alguns exemplos da aplicação da Geomorfologia no estudo da evolução das encostas da Serra do Mar. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 1979, Santos. Informativo ABGE, São Paulo, 1979.
- PRANDINI, F. L. et al. *Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas: uma resenha crítica*. São Paulo: IPT, 1976. 22p. (IPT – Publicação, 1074).
- PRANDINI, F. L.; SANTOS, A. R. et al. *Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana*. São Paulo: IPT, 1980. 31p. (IPT – Publicação, 1153 – Monografias, 3).
- RODRIGUES, J. C.; NOGAMI, J. S. *Estudo de Geologia Aplicada na Via Anchieta*. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 8, DNER, 1950, Rio de Janeiro.
- _____. Geologia do escorregamento da cota 95 da Via Anchieta. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 8, DNER, 1950, Rio de Janeiro.
- SADOWSKI, G. R. *Tectônica da Serra de Cubatão*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1974. 159p.

- SANTOS, A.R. A Grande Barreira da Serra do Mar (2004). Livro. Editora O Nome da Rosa, 2004, São Paulo, Brasil, 122p.
- SANTOS, A. R. Dinâmica externa da Serra do Mar: constatações, verificações e impressões. In _____ . *Geologia de Engenharia – Conceitos, método e prática*. São Paulo: IPT/ABGE, 2002, p.130-135. (IPT – Publicação, 2797)
- _____. Carta geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente – SP. In: *Geologia da Engenharia – Conceitos, método e prática*. São Paulo: IPT/ABGE, 2002, p. 105-109. (IPT – Publicação, 2797)
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no Estado de São Paulo (Brasil). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 2, 12 p., ago. 1999.
- TATIZANA, C. et al. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, Município de Cubatão –Modelamento numérico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. *Anais*. São Paulo: ABGE, 1987. v. 2, p. 225-236.
- TEIXEIRA, A. H.; KANJI, M. A. Estabilização do escorregamento da encosta da Serra do Mar na área da cota 500 da Via Anchieta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 4, 1970, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: 1970. v. 1, p. 33-53,
- VARGAS, M. Estabilização de taludes em encostas de gnaisses decompostos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 3, 1966, Belo Horizonte. *Anais*. Belo Horizonte: 1987. v. 1, p. 32-55.
- VARGAS, M. Revisão histórico-conceitual dos escorregamentos da Serra do Mar. *Revista Solos e Rochas*, São Paulo, 22, (1): p. 53-83, 1999.
- WOLLE, C. M. *Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988. 406p.
- WOLLE, C. M. *Taludes naturais – Mecanismos de instabilização e critérios de segurança*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1980. 345p.
- WOLLE, C. M. et al. *A Slide Mechanism in the Slopes of the Serra do Mar Southern Brazil*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF ENGINEERING GEOLOGY, 3, 1978, Madrid. *Proceedings IAEG*, Madrid, 1978.
- WOLLE, C. M.; CARVALHO, C. S. Deslizamentos em encostas na Serra do Mar. *Revista Solos e Rochas*, São Paulo, ABMS, v.12, p.27-36, 1989.