



SENADO FEDERAL

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE

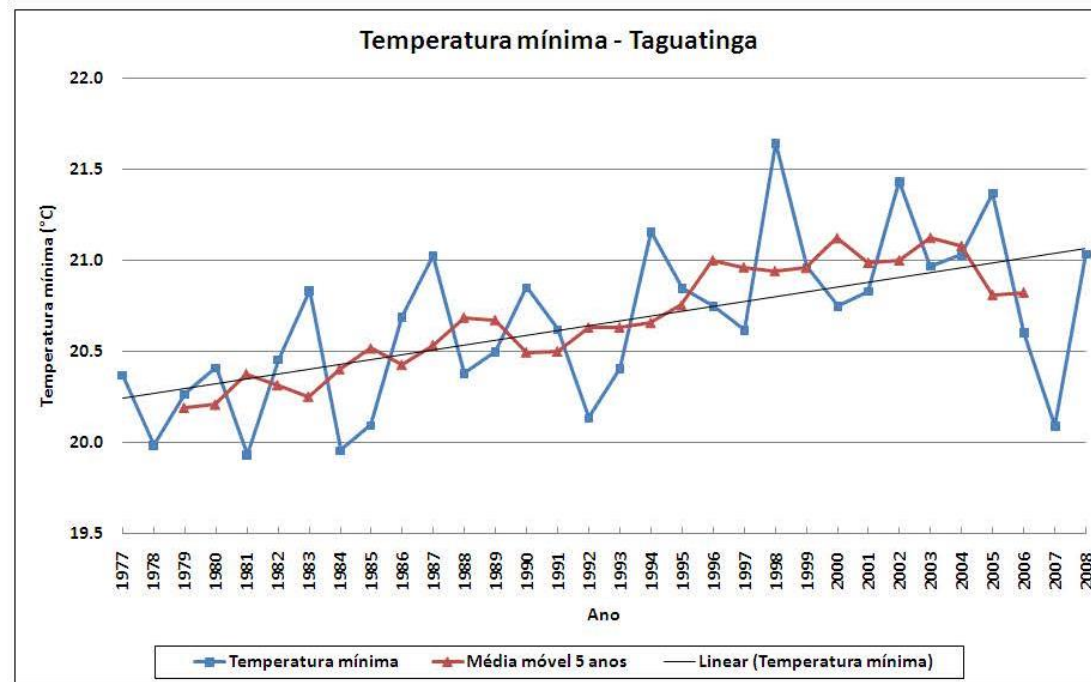
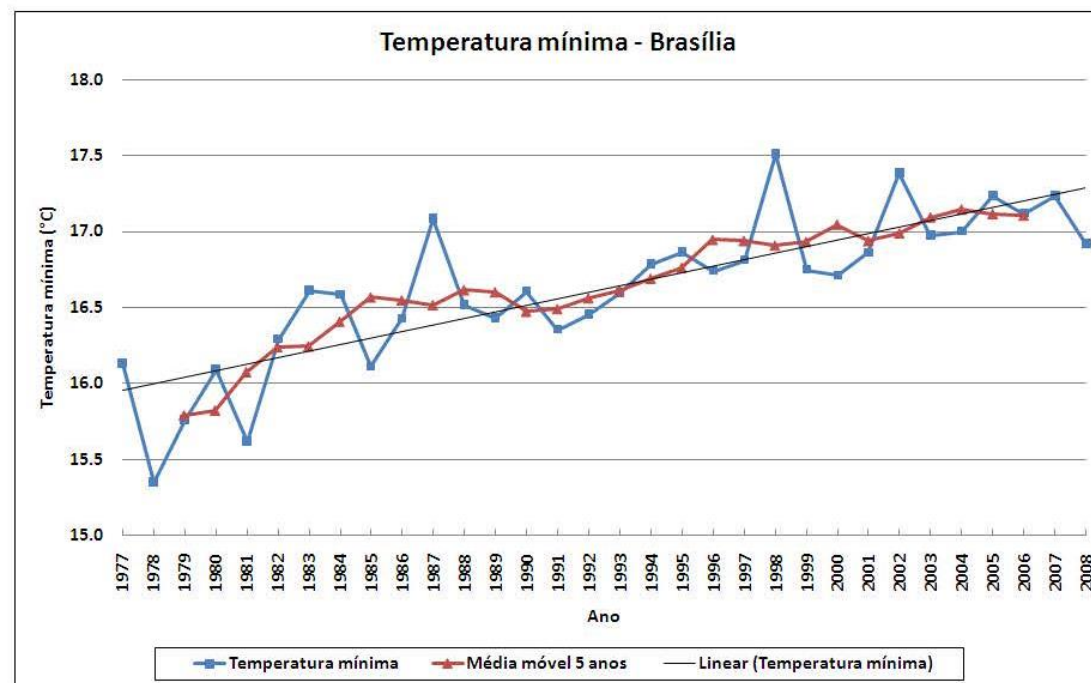
EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E ESTABILIDADE DE ENCOSTAS

Eng. Sérgio Murari Ludemann

Brasília, 18 fevereiro 2020

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

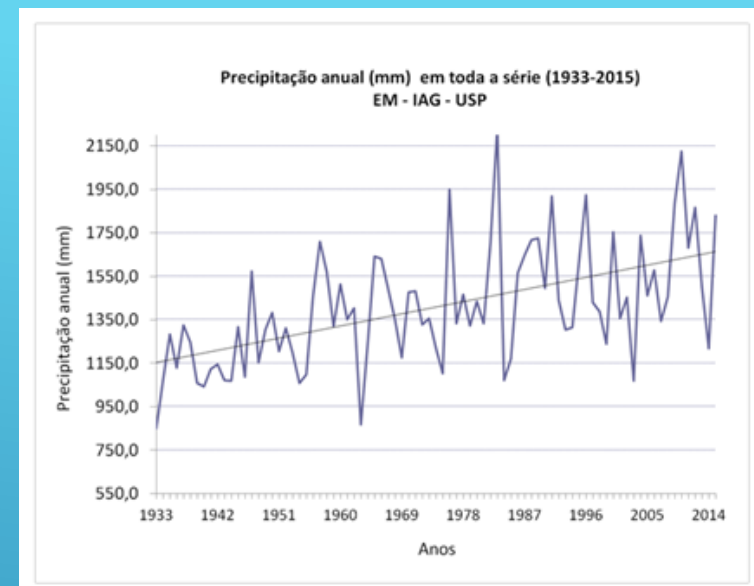
- IPCC (2007) (*Intergovernmental Panel on Climate Change*): No século XX houve um aumento de $0,74^{\circ}\text{C}$ na média da temperatura global;
- Renata do Valle (UNICAMP) & Eduardo Assad (EMBRAPA) – XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia (2009): No Brasil houve um aumento médio de $0,3^{\circ}\text{C}$ por década nos últimos 30 anos;
- IPCC (2007): Modelos matemáticos baseados em dados registrados nos oceanos, biosfera e atmosfera indicam um aumento entre $1,8^{\circ}\text{C}$ e $6,4^{\circ}\text{C}$ da temperatura global até o final do século XXI;



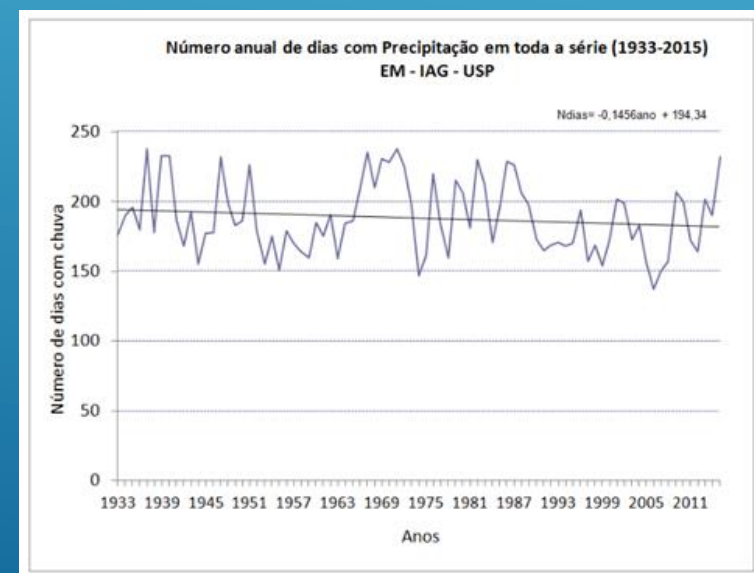
AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Em artigo publicado pelo International Journal of Climatology - A Comprehensive Analysis of Trends in Extreme Precipitation over Southeastern Coast of Brazil (Marcia T. Zilli, Leila M. V. Carvalho, Brant Liebmann, Maria A. Silva Dias - University of California) com base em dados de 36 estações meteorológicas individuais no Sudeste brasileiro operadas por diferentes agências brasileiras, com dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas no período entre 1938 e 2012 conclui que:

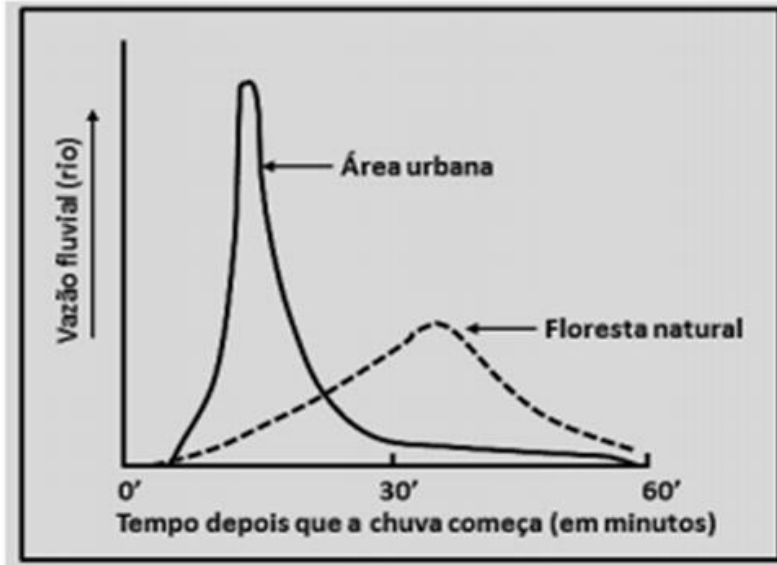
- Aumento médio tanto no volume de água quanto na média de dias em que chove no Estado de São Paulo;
- No Rio de Janeiro e no Espírito Santo, a estimativa é de redução no volume médio da precipitação para os próximos anos, mas com concentração em menos dias e ocorrência de mais eventos extremos;



Dados Estação Meteorológica do IAG-USP
Fonte: <http://meteoropole.com.br/2018/03/o-dia-meteorologico-mundial-esta-chegando>



AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Fonte: DREW, David. *Processos interativos Homem - Meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1986. p. 93. (Adaptado)



Foto: AE (Rio de Janeiro – Jan/2020)



Foto: Folha UOL (São Paulo – Jan/2020)

AS ENCOSTAS

- A probabilidade de encostas naturais apresentarem coeficiente de segurança elevado é muito pequena, uma vez que a natureza não desperdiça (Cruz/1988);
- Além do que, os agentes instabilizantes naturais antecedem de muito a nossa capacidade de determiná-los (Cruz/1988);
- A Ocupação das encostas deve ser evitada;
- Para as encostas já ocupadas, é necessário elaborar estudos aprofundados de geologia e engenharia (hidrologia, geotecnia, saneamento básico etc);



Ilhota – Vale do Itajaí – SC (2008)



Pomerode – Vale do Itajaí – SC (2008)

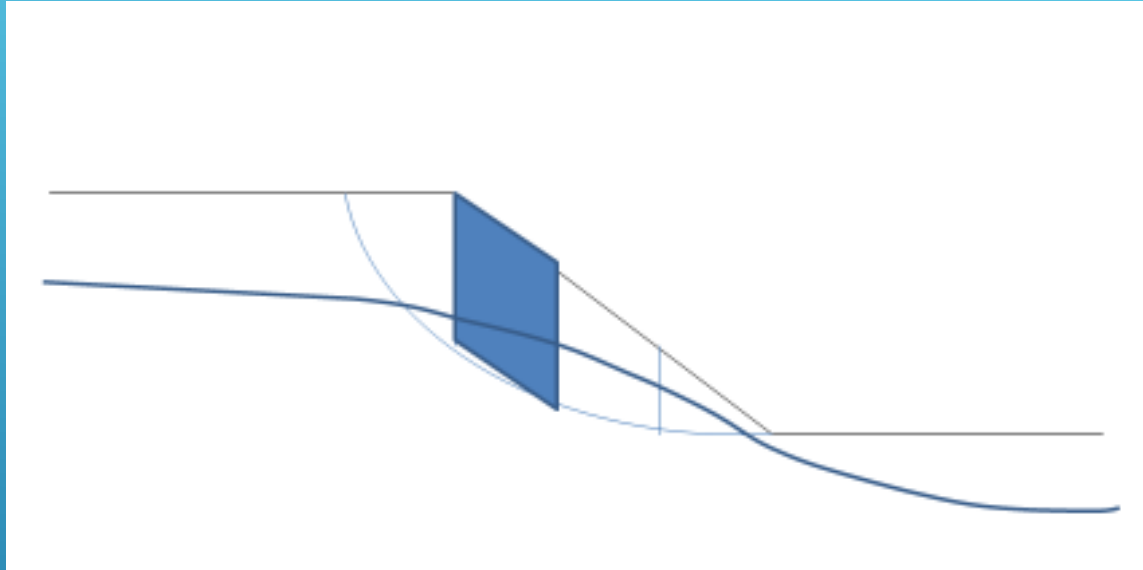
AS ENCOSTAS

- As ações antrópicas agravam a condição já precária de estabilidade das encostas;
- As áreas de risco envolvem os locais que recebem a massa rompida

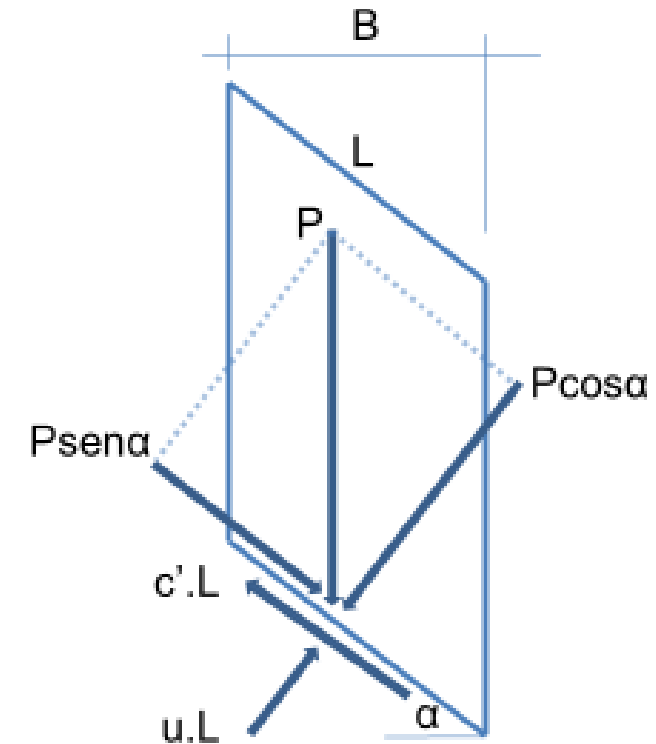


Foto: Fábio Motta (AE) – Teresópolis 01/2011

AS ENCOSTAS



- Os parâmetros de resistência ao cisalhamento são típicos de cada encosta e precisam ser estudados caso a caso;
- O regime de chuvas, a espessura da camada de solo e a permeabilidade, também são parâmetros físicos típicos de cada encosta e precisam ser avaliados caso a caso;



$$FS = \frac{\sum (c' \cdot L + (P \cdot \cos \alpha - u \cdot L) \cdot \tan \phi')}{\sum P \cdot \sin \alpha}$$

A LEGISLAÇÃO SOBRE O TEMA

- Lei Federal n.º 10.257 de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade) estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental;
- A partir de 2003, o Ministério das Cidades implementou uma política visando a redução de desastres em assentamentos precários, induzindo, nos municípios, a necessidade de elaboração de Planos Municipais de Redução de Risco – PMRR;
- Lei Federal n.º 12.340 de 1 de dezembro de 2010 (que dispõe sobre redução de riscos, intervenções preventivas, remoções de populações quando pertinente e implementação de obras de segurança e corretivas);
- Criação do CEMADEN (MCTIC) em 2011 – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais;
- Lei Federal n.º 12.608 de 10 de abril de 2012 (que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil);

A PREVENÇÃO NA PRÁTICA

UNDRO – United Nations Disaster Relief Organization (1991) propôs um modelo para o enfrentamento de desastres naturais baseado em dois eixos principais de ação:

Preparação e Prevenção:

- **Preparação:** Ações ligadas ao **caráter logístico** do enfrentamento de situações de emergência e ao **atendimento das populações** afetadas, sendo normalmente atribuições dos organismos de **Defesa Civil**;
- **Prevenção:** Ações relacionadas aos **estudos técnicos e científicos** que possam avaliar a **possibilidade de ocorrência** e a **magnitude de um desastre natural**, estabelecendo mecanismos que possam evitar a perda de vidas e minimizar as perdas materiais;

A PREVENÇÃO NA PRÁTICA

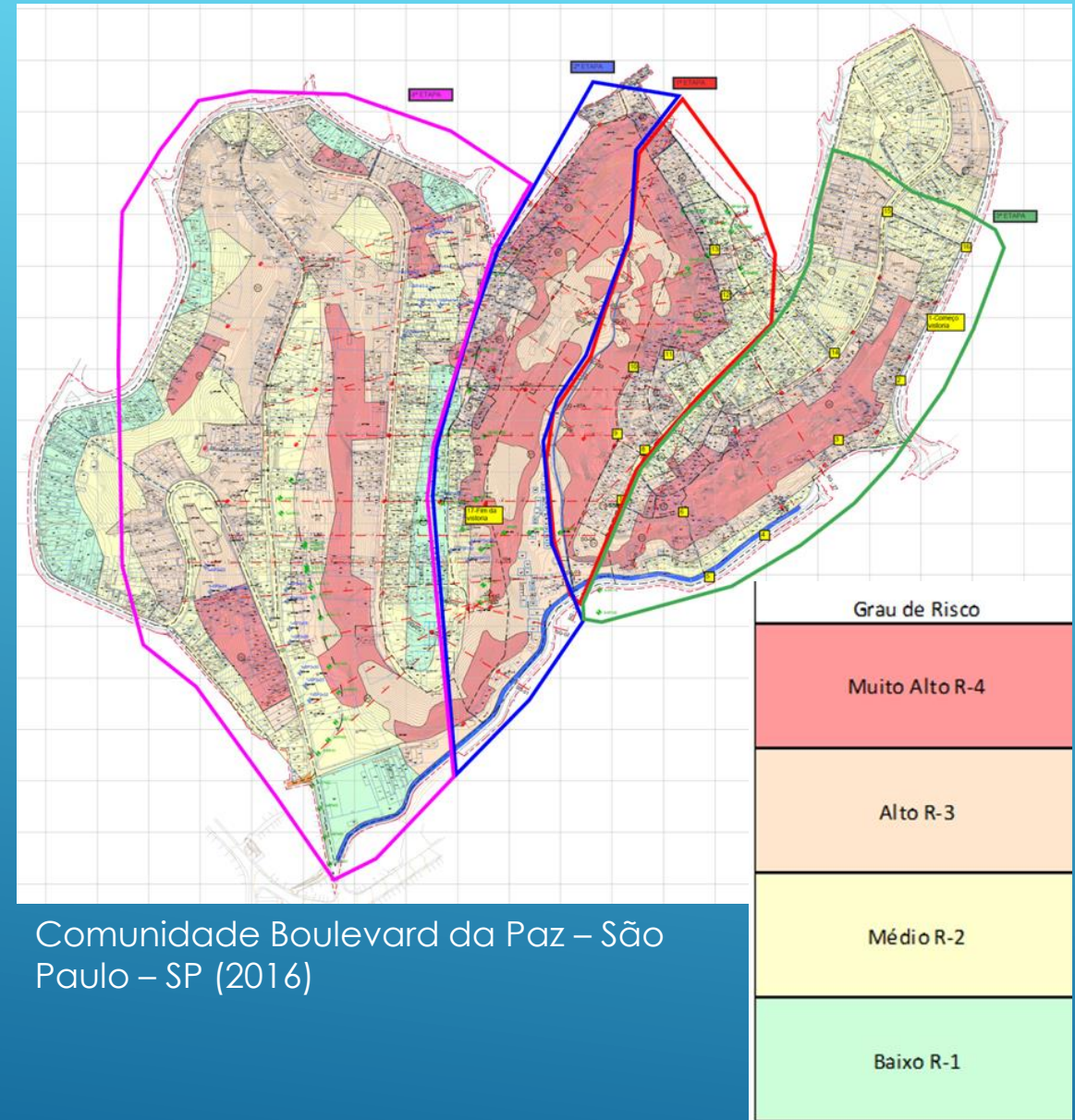
- Mapeamento de Risco Geotécnico (em atendimento ao PMRR)
 - Delimitação dos setores de risco e sua representação cartográfica;
 - Descrição do processo de instabilização atuante;
 - Definição do **nível de suscetibilidade** do setor, e;
 - Determinação do número de moradias passíveis de destruição;
- Definição do Nível de Suscetibilidade
 - Avaliação qualitativa da probabilidade de ocorrência do processo destrutivo **no decorrer de um período chuvoso**, feita a partir das características topográficas e geológico-geotécnicas do subsolo local, além das intervenções antrópicas, dos indicadores de instabilidade, de evidências de ocorrências pretéritas de eventos destrutivos e de entrevistas com moradores, e;
 - Expressão qualitativa da probabilidade de ocorrência do processo destrutivo: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto;

A PREVENÇÃO NA PRÁTICA

- Delimitação dos Setores de Risco
 - Correta **caracterização dos processos de instabilização**;
 - Delimitação da área potencialmente submetida aos seus efeitos;
 - Os limites do setor de risco devem englobar a área diretamente envolvida, na deflagração do processo, a área de passagem da massa instabilizada e a área de deposição do material resultante do processo de instabilização;
- Identificação dos agentes Preparatórios e Deflagratórios
 - Agentes Preparatórios:
 - Caráter geomorfológico (declividade natural das encostas, linhas de drenagem, planos de fraqueza, descontinuidades, acamamento etc.);
 - Caráter geotécnico (espessuras das camadas e resistência ao cisalhamento das mesmas, existência de cortes íngremes, aterros espessos, lançamento de lixo e entulho sobre as encostas etc.);
 - Caráter hidráulico (concentração do escoamento superficial, processos erosivos, saturação do subsolo, existência de fossas ou poços de infiltração, lançamentos de esgotos sobre as encostas etc);
 - Agentes Deflagratórios:
 - Chuvas intensas, cortes em materiais instáveis, aterros sobre solos de baixa capacidade suporte, sobrecargas concentradas (moradias com fundação direta, acúmulo de materiais diversos, sismos etc);

A PREVENÇÃO NA PRÁTICA

- Principais objetivos do Mapeamento Geotécnico devem ser:
 - Identificação dos agentes preparatórios;
 - Avaliação da possibilidade de ocorrência dos agentes deflagratórios;
 - Previsão dos mecanismos de instabilização;
 - Determinação das áreas potencialmente atingidas
- Resultado: **Mapa de Risco Geotécnico**



Comunidade Boulevard da Paz – São Paulo – SP (2016)

A PREVENÇÃO NA PRÁTICA

Intervenções do Poder Público:

- Obras de Engenharia:
 - Contenções de encostas;
 - Drenagem pluvial;
 - Otimizar os recursos públicos: Ações planejadas e integradas a um **Plano Urbanístico** para as áreas atendidas, incluindo-se as obras de infraestrutura necessárias (sistema viário, **saneamento básico**, iluminação pública etc).
- Monitoramento das áreas de Risco:
 - Estudos para correlação entre chuvas x escorregamentos, estabelecendo níveis de alerta e índices pluviométricos que serviam de alarme para desocupação de áreas críticas;
 - Treinamento das populações locais para identificar os sinais de instalação de processos destrutivos;
- Ações Sociais:
 - Educação – Conscientização do risco;
 - Assistência social – Vulnerabilidade das populações atendidas;
- Elaboração de Políticas Públicas regulamentando o uso e a ocupação do solo;
- Adequação e complementação da legislação pertinente;
- Fiscalização eficaz destas políticas e leis;

POSSÍVEIS EVOLUÇÕES NA PREVENÇÃO

PROCESSOS ANALÍTICOS QUANTITATIVOS

- Risco:
 - Potencialidade de ocorrer um evento físico que resulte em perdas e danos sociais e/ou econômicos;
 - Relação de concomitância e mútuo condicionamento entre ameaça, vulnerabilidade e gerenciamento;

$$R = P (f A) * C (f V) / g \text{ (Geólogo Fernando Nogueira – UFABC)}$$

- Probabilidade (P) de ocorrência de determinado processo do meio físico;
 - Que representa um perigo ou uma ameaça (A);
 - Que pode produzir consequências (C);
 - Em função da vulnerabilidade (V) do meio exposto ao perigo;
 - Que pode ter seus efeitos reduzidos pela capacidade de gerenciamento do problema ou de resiliência (g) frente ao perigo, seja do governo local ou dos indivíduos e da comunidade exposta
-
- A aplicação destas técnicas esbarra na **carência de registros históricos** adequados e no **desconhecimento técnico a respeito dos parâmetros de resistência específicos de cada** local e das distribuições estatísticas destas variáveis;

POSSÍVEIS EVOLUÇÕES NA PREVENÇÃO

Para superar estas dificuldades e permitir um desenvolvimento técnico na Prevenção é necessário:

- Reservar verbas para **pesquisas** nas universidades, principalmente para:
 - Levantamentos históricos de eventos destrutivos para permitir o estabelecimento de correlações entre chuvas e escorregamentos;
 - Pesquisar para cada região quais são os eventos chuvosos precedentes e quais são os eventos chuvosos deflagratórios;
 - Desenvolverem estudos climáticos e hidrogeológicos, atualizando as equações de chuva (intensidade x duração x frequência) a fim de permitir estabelecer níveis de alerta;
- Incentivar os Institutos de Pesquisa, ligados às universidades, a:
 - Desenvolverem planos de investigação geológica e geotécnica para auxiliar nos mapeamentos de risco;
 - Auxiliarem os governos estaduais e municipais na elaboração dos PMRR, especialmente na elaboração dos Mapeamentos de Risco Geotécnico;
 - Fornecer treinamento técnico adequado às equipes da Defesa Civil (estaduais e municipais);

OBRIGADO