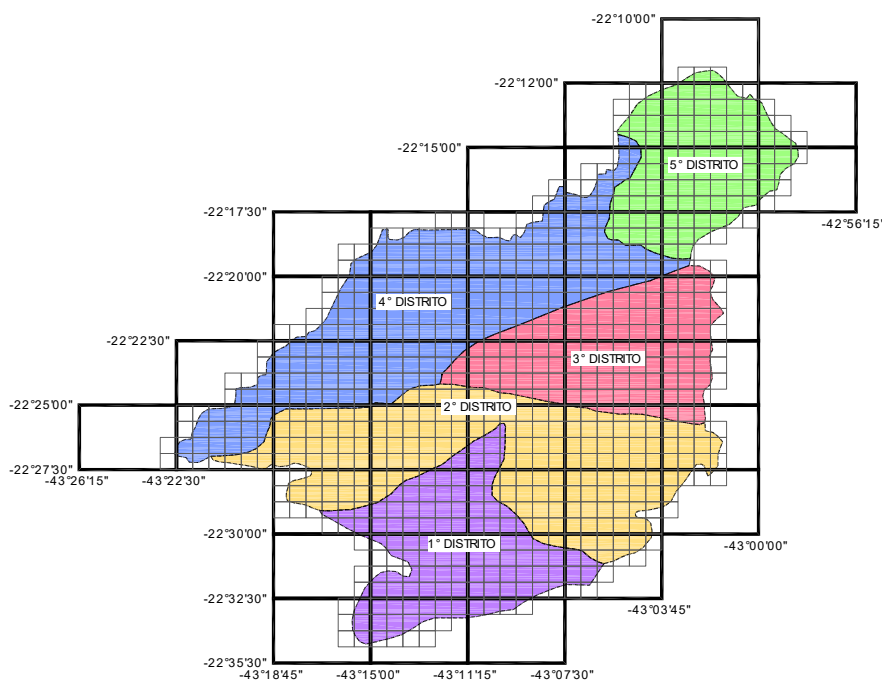




Plano Municipal de Redução de Risco PMRR – 1º(revisão), 2º, 3º, 4º e 5º Distritos - Petrópolis, RJ

Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários

Reflexão e Proposição de Estratégias de Intervenções Não Estruturais para a Redução do Risco



Nº. do Convênio: TC 0351.477-74-2011

Revisão do Plano Municipal de Redução de Risco de Petrópolis, RJ

Nº. Processo Licitatório PMP: TP 07/2013

Nº. Processo Administrativo PMP: 14.271/2012

Executor:



Gestor:



Agente Financeiro:





00	Emissão Inicial		
REVISÃO	DISCRIMINAÇÃO	DATA	VISTO



EQUIPE TÉCNICA



Luis Carlos Dias de Oliveira

D. Sc. Eng° Civil

Rufo Cunha Pereira

Eng° Civil

Rosangela Ramos Moura Gonçalves

Arquiteta e Urbanista

Marcela de Carvalho Lobato

M.Sc. Geóloga

Thamyres Aguiar Marcolino

Eng^a Civil

Miriam Von Seehausen Lichtenberger

Gestora Ambiental - Geoprocessamento

Victor Reis

Estagiário de Engenharia Civil



ÍNDICE

1	Introdução	6
2	Aspectos Históricos.....	8
3	Perigo e Risco, Conceitos Fundamentais	18
3.1	Risco.....	18
3.2	Perigo ou Ameaça/Suscetibilidade.....	20
3.3	Vulnerabilidade	21
3.4	Área de Risco	22
3.5	Elementos em Risco	25
3.6	Análise de Risco.....	25
3.7	Estimativa de Risco	26
3.8	Avaliação de Risco.....	26
3.9	Gerenciamento de Risco.....	26
3.10	Risco Aceitável.....	26
3.11	Risco Tolerável.....	26
3.12	Desastre Natural	27
3.13	Resiliência	27
4	Classificação de Movimentos de Massa	28
4.1	Rastejos	28
4.2	Escorregamentos	31
4.3	Corridas de Massa	36
4.4	Tombamentos, Quedas e Rolamentos de Fragmentos de Rocha.....	39
4.5	Desmonte Hidráulico.....	42
4.6	Solapamento de Margens	42
5	Caracterização de Movimentos de Massa	44
5.1	Abordagem por Aspectos Geológicos-Geomorfológicos, Hidrológicos e Ambientais..	47
5.2	Abordagem Geotécnica dos Movimentos em Encosta.....	52
5.2.1	Comportamento de solos e encostas naturais.....	52
5.2.2	Comportamento de rochas e encostas naturais.....	52
5.2.3	Elementos para uma caracterização geotécnica de movimentos em encostas.....	55
5.2.4	Movimentos pré-ruptura	57
5.2.5	Ruptura.....	58
5.2.6	Movimentos pós-ruptura.....	60
5.2.7	Reativação de movimentos	61
6	Gerenciamento de Risco.....	64
6.1	Proteção	77



6.1.1	Percepção e conscientização do Risco	89
6.1.2	Educação	92
6.2	Previsão	95
6.2.1	Previsão Meteorológica	96
6.2.2	Cartografia Geológica-Geomorfológica-Geotécnica	97
6.2.3	Monitoramento Remoto de Encostas	100
6.2.4	Ampliação do Inventário de Acidentes e Situação de Risco.....	101
6.2.5	Estudos Específicos	102
6.2.6	Mapa de Risco Dinâmico.....	102
6.2.7	Auditoramento da Redução do Risco.....	103
6.3	Prevenção	104
6.3.1	Ações Não-estruturais.....	110
6.3.2	Controle Urbano.....	110
6.3.3	Legislação Urbanística e Edilícia.....	114
6.3.4	Habitação	126
7	Conclusões	150
8	Bibliografia	159



1 Introdução

O presente estudo é parte integrante do Plano de Redução de Risco do Município de Petrópolis do 1º (Revisão), 2º, 3º, 4º e 5º distritos, que corresponde ao produto **06**, do processo licitatório **TP 07/2013**, convênio **TC 0351.477-74-2011**.

A relevância de se fazer uma reflexão sobre a gestão de risco, enfatizando um programa de ações não estruturais para a Redução do Risco de Movimentos de Massa no Município de Petrópolis é de fundamental importância, pois, estas ações ensejam uma mudança de paradigma visando a efetiva redução de risco a médio e longo prazos, almejando, assim, de uma convivência harmônica entre o homem e as forças da natureza.

O paradigma histórico que se impõe é o da continuidade do crescimento do tecido urbano de forma desordenada e não-sustentável, resultado da concentração da propriedade fundiária urbana, nas estreitas faixas dos fundos dos vales aliada à especulação imobiliária que acaba vetorizando a população para as porções mais elevadas das encostas, margens dos rios e várzeas de inundação, onde também é notável o desenvolvimento de um mercado imobiliário informal.

O modelo de Gestão de Risco, através do empreendimento de ações estruturais, exclusivamente, através de obras de remediação realizadas após acidentes ou eventos catastróficos como os ocorridos em 1988 e 2011, como forma concreta de resposta à sociedade, por si só não é suficiente para a efetiva redução de risco. Além disso, as ações estruturais, mesmo as de cunho preventivo demandam elevado montante de recursos e, sendo assim, carecem da elaboração de projetos, captação de recurso e execução, portanto, constituem ações cuja intervenção na redução de risco se dá a médio e longo prazo.

Por outro lado, as ações não estruturais são essencialmente de previsão, proteção e prevenção e devem ser de caráter permanente. Além disso, possuem cunho multidisciplinar dada a diversidade de abordagens. O montante de recursos é relativamente pequeno quando comparado às ações estruturais e são ações desenvolvidas de modo contínuo. Entretanto, estas ações demandam, antes de mais nada várias regulamentações, através de leis e decretos, que garantam a sua perenização na



Administração Pública. Estas leis estabelecem competências e definem a sustentabilidade orçamentária dos programas, sem a qual as ações ficam sujeitas a descontinuidade e, por fim, acabam substituídas por políticas menores de cunho assistencialista e clientelista.

Assim, as ações não estruturais se configuram como ações que demandam uma racionalização dos gastos de recursos públicos, pois, são resultado de tomadas de decisão, a partir de um planejamento permanente, mecanismos de Gestão e Monitoramento de Risco e são, assim, ações proativas e não reativas aos eventos.

Mister se faz ressaltar que as ações não estruturais para redução de risco demandam uma mudança de postura política, principalmente em relação ao uso e ocupação do espaço urbano da cidade.

Neste sentido o presente conjunto de reflexões procurou, após uma breve contextualização histórica da questão do risco de movimentos de massa na cidade e sua relação com a expansão urbana, inclusive com a percepção atual desta expansão, principalmente no 2º, 3º, 4º e 5º Distritos onde foram realizadas vistorias para esta etapa de elaboração do PMRR.

Não obstante o escopo particular do presente estudo seja focar a redução de risco através das ações não estruturais, o bom entendimento deste texto demanda o conhecimento dos principais conceitos empregados na abordagem da questão de Risco e da classificação e caracterização dos Movimentos de Massa que serão aqui apresentados de forma sucinta e ilustrada. Além disso, será feita uma breve apresentação das soluções estruturais que ora estão sendo empregadas em várias localidades de Petrópolis visando a remediação ou a prevenção de risco. Por fim, serão detalhadas as ações não estruturais de gestão de risco possíveis e viáveis de serem implantadas e a proposta de um modelo de Gerenciamento de Risco.



2 Aspectos Históricos

Os registros históricos de acidentes associados às chuvas intensas no Município de Petrópolis, de início, estavam relacionados às enchentes e inundações, a princípio na região do atual Centro Histórico do que hoje é o 1º distrito, correspondendo a Vila Imperial que é dissecada pelo Rio Quitandinha e seu afluente o Rio Palatino (que nasce no Morin). Os relatos de movimentos de massa, descritos cotidianamente como quedas de barreiras, passaram a figurar com mais frequência a partir da década de 40 do século passado com as drásticas transformações da paisagem natural pela expansão do tecido urbano ocorrido a partir desta década.

Um dos principais registros de catástrofes envolvendo inundações ocorreu em 26 de março de 1945, quando pluviômetros registraram uma intensidade de chuva de 74,4 mm/h e ocorreu o extravasamento do rio Palatino, depois o rio Quitandinha e em seguida os rios Piabanha e da Cidade. Existem relatos que neste mesmo ano ocorreu uma precipitação torrencial que provocou uma inundação no rio Santo Antônio em Itaipava. A figura 01 ilustra, através de uma foto, a inundação ocorrida em 1945.

Em 1945 foi reportada uma inundação ocorrida em 26 de março, provocada por uma chuva intensa que, segundo relatos, durou das 20 às 23 horas, abrandando pouco a pouco, daí por diante até o clarear do dia seguinte, quando terminou.

A grande enchente de 1945 resultou na realização do Anteprojeto de Defesa de Inundações de autoria do Eng.º Francisco M. Vieira do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Divisão de Águas do Ministério da Agricultura que contém diversas propostas de intervenções, entre elas o túnel extravasor do Rio Palatino, concluído em 1963. Em 1977 o mesmo DNPM elaborou o projeto de duplicação da Rua Coronel Veiga e extravasor do Rio Quitandinha pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento, que não chegou a ser iniciado.



Figura 01 - Inundação catastrófica em Petrópolis ocorrida em 26/03/1945 (acervo do Museu Imperial de Petrópolis, coleção José KopkeFróes).

Antes desta data existem registros de inundações notáveis em 1905, 1908, 1924, 1929 e 1935 (Vieira, 1945), portanto, compreender a evolução dos desastres naturais no Município de Petrópolis demanda a compreensão do histórico da urbanização em Petrópolis, (Assumpção, 2015).

O 1º distrito de Petrópolis se desenvolveu a partir de um núcleo urbanístico idealizado pelo arrendatário Major Julio Frederico Köeler em 1843, basicamente composto pelos projetos Vila Imperial e Vila Tereza, no que hoje se conhece como Centro Histórico com intuito de abrigar a Família Imperial e membros da aristocracia. Deste núcleo houve uma expansão em quarteirões para acolher, a partir de 1845, os colonos alemães.

Estes primeiros assentamentos dividiam a cidade em lotes denominados prazos de terra em função da instituição da enfiteuse, estes prazos com testada para as vias principais subiam as vertentes dos morros com a divisa de fundos definida pela linha de cumeada. Assim, até a década de 40 do século passado a ocupação da cidade ficou restrita às estreitas faixas de planícies nos fundos dos vales, resultado da baixa densidade urbana e fruto da legislação vigente à época.

Desde o final do Século XIX com as melhorias realizadas no Caminho Novo na vertente da Serra da Estrela; e da Estrada União Indústria com a "macadamização"



desta em 1861; com a conclusão em 1883 da Estrada de Ferro Príncipe do Grão Pará (posteriormente Leopoldina Railway) e em 1928 com a abertura da Estrada Rio-Petrópolis (Rodovia Washington Luiz) foi consolidada a aproximação de Petrópolis com o Rio de Janeiro, municípios da Baixada Fluminense e de Minas Gerais.

A evolução urbana no período colonial (1843 a 1889) concentrou-se na canalização (retificação) de rios e córregos, à abertura das ruas, construção do Palácio Imperial e da Igreja Católica, de início uma pequena capela em frente ao Palácio Imperial, e a Comunidade Evangélica de Confissão Luterana (1863) na Rua Joinville (atual Ipiranga).

Os colonos alemães em face da inadequação dos terrenos em vales estreitos e encostas íngremes fracassaram na empreitada do estabelecimento da sonhada colônia agrícola. Então, tiveram que se dedicar às Obras Públicas como a canalização e retificação de rios e córregos, à abertura de ruas e construção do casario de Petrópolis.

A partir de 1851 o Governo da Província do Rio de Janeiro reduziu o volume de obras obrigando os colonos a desenvolverem outras atividades, onde se destacava a extração de madeira, primeiramente para as construções locais, depois para o mercado do Rio de Janeiro. Neste período houve grande devastação da Mata Atlântica da Serra de Estrela que só foi recomposta parcialmente no início do século XX.

No final do século XIX, teve início em Petrópolis o processo industrial com atividades caseiras, principalmente de alimentos, serrarias e fabricação de artefatos de madeira. Com o fim do Império e início da República, instalaram-se as indústrias têxteis e outras atividades, notadamente as artesanais, juntamente com a população descendente de alemães e escravos recém-libertos.

Ainda nesse período a cidade consolidou a atividade fabril têxtil com as fábricas São Pedro de Alcântara (1875), Santa Helena (1908), Dona Izabel (1889) e Companhia Petropolitana de Tecidos, em Cascatinha (1873), atraindo a imigração italiana para as fábricas, divididas também pelos suíços, franceses, portugueses, sírio-libaneses, belgas e brasileiros que diversificaram as atividades econômicas desenvolvidas.



Assim a população cresceu rapidamente de povoação pertinente a freguesia de São José do Rio Preto, ligada ao termo de Paraíba do Sul em 1846, passou a pertencer a Magé. Em 29 de setembro de 1857 foi elevada a categoria de Cidade, partir da qual o Presidente da Kasielaum (Castelânea), Câmara Municipal, exercia a função de executivo, fato que perdurou até 1914, já na fase republicana, quando em 1916, o presidente do estado do Rio de Janeiro, Nilo Peçanha, criou a Prefeitura e nomeou **Oswaldo Gonçalves Cruz**, o primeiro prefeito de Petrópolis.

O processo de ocupação de Petrópolis pode ser dividido em quatro partes: 1845 a 1945; de 1945 a 1964; de 1964 até 1976 e a partir de 1976. Os primeiros relatos de acidentes associados às chuvas intensas se referiam a inundações conforme reportado pelo jornal “O Parahyba” em 1956, 1957, 1958 e 1969 e posteriormente pela “Tribuna de Petrópolis” em 1906 e 1930.

Conforme aludido anteriormente, o parcelamento de terras original do Plano Koeler da cidade dividiu o território em prazos de terra com testada para o sistema viário, que por sua vez se desenvolvia contíguo os cursos d’água nas estreitas planícies fluviais nos fundos dos vales. Este modo de ocupação se preservou até o fim da 2ª Grande Guerra (1945).

O parcelamento dos prazos teve início com a subdivisão das testadas, mantendo-se ainda a ocupação no fundo dos vales. Ou seja, os descendentes dos colonos originais ficaram com essas fatias dos prazos originais.

Entre 1945 e 1964, com o crescimento da população (100-140 mil habitantes), sucedeu uma grande pressão para o adensamento urbano, com mudanças nas leis de parcelamento e ocupação do município, portanto, ocorrendo o parcelamento dos prazos no sentido da profundidade e a construção de servidões, principalmente, com acesso por intermédio de escadarias. Enfim, inicia-se nesse período a urbanização rumo às cotas mais elevadas, ainda com declividades suaves, uma ocupação esparsa, porém, em alguns locais no sopé de maciços rochosos (IPT, 1991).



Figuras 02 e 03–Ocupação da Chácara Flora

Ainda, a partir de 1945, foram legalizados diversos loteamentos ao arpejo dos critérios das leis vigentes de uso e parcelamento do solo. Parcelamentos de terra em porções médias da encosta foram implantados em vias com declividades e larguras inadequadas constituindo um sistema viário com características bastante precárias como é notório nos loteamentos a montante da Estrada da Saudade (Félix, Fragoso, Ventura e Florido).

Entre 1964 até 1976 (140-180 mil habitantes), a expansão urbana ocorreu para porções elevadas das encostas, onde setores mais íngremes eram desmatados para a implantação de moradias de forma esparsa, com cortes e aterros inadequados, sem cuidados com a drenagem. Entretanto, ainda se preservaram as porções da encosta com condicionantes mais desfavoráveis, declividades acima de 37° e terrenos ao longo das linhas de drenagem (talvegues) naturais intermitentes e até mesmo as perenes.

Em 1966, ocorreram chuvas torrenciais que provocaram inundações e escorregamentos resultando em 100 vítimas fatais em Petrópolis.

A partir de 1976, com destaque a segunda metade da década de 80 até os dias de hoje, além da abertura dos loteamentos já citada anteriormente, a expansão urbana passa ocorrer através de invasões em áreas públicas ou terras particulares devolutas em porções mais íngremes, drenagens naturais, topos de morro, ou seja, áreas com restrição ou total impedimento à ocupação de acordo com o Código Florestal em vigor desde 1965. Estas áreas que deveriam ser protegidas por instrumentos de controle urbano pelas 3 (três) esferas governamentais: União, Estado e Município passaram a ser



ocupadas e, muitas delas, áreas (situação de risco) de movimento de massa, converteram-se em áreas de risco.

Os jornais da cidade “Tribuna de Petrópolis e Diários de Petrópolis” relataram escorregamentos em 1981, 1983 e 1987.

A catástrofe de 1988, maior desastre natural da história de Petrópolis, que ceifou a vida de 277 petropolitanos, deflagrou um grande esforço de reconstrução no 1º distrito de Petrópolis, que foi a área mais afetada.

A primeira ação depois da catástrofe foi o estabelecimento de um convênio entre a Prefeitura Municipal de Petrópolis (PMP) e o Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo (IPT-SP, 1990) que resultou em uma série de trabalhos entre os quais o primeiro Mapa de Risco de Petrópolis, chamado pelo IPT de Carta Geotécnica de Petrópolis, e um Inventário de Acidentes, com registros de ocorrências desde 1938.

O esforço de reconstrução, dentro do programa Reconstrução-Rio, contou com uma fase de projetos no nível de Concepção e Básico, por diversas empresas de consultoria, coordenada pela PMP com assessoria da Área de Geotecnia do Programa de Engenharia Civil da Coordenação dos Programas de Engenharia da UFRJ (COPPE/UFRJ).

Neste esforço foram projetadas mais de 500 intervenções, como obras de drenagem superficial, contenção, pavimentação de ruas e servidões hidráulicas, com intuito de remediação e prevenção.

Tanto projetos, quanto obras foram financiadas com o recurso do Banco Mundial (The World Bank) através do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD).

Outros projetos antecederam às intervenções com recursos do Banco Mundial, por exemplo, um projeto denominado “Seis Encostas” que constitui em obras pontuais de contenção nos principais acidentes ocorridos em 1988 – escorregamento na Rua Casemiro de Abreu; escorregamento nas encostas no entorno da CELMA; escorregamento nos fundos do Liceu Municipal Prefeito Cordolino Ambrósio;



escorregamento na Rua Visconde do Bom Retiro, no centro, e Ruas Pedro Nava e Rua Pouso Alegre em Cascatinha.

Outras intervenções foram realizadas também em locais de escorregamentos que se manifestaram em situação de risco, o caso do PROMURB entre 1992 e 1994, encosta a jusante do Trono de Fátima, Rua Dom João Braga, Rua Casemiro de Abreu e Rua Irineu Corrêa.

Outro projeto de destaque, financiado com recursos do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), foi o mapeamento Geológico-Geotécnico, Carta de Risco Geotécnico de Encostas, parte do Projeto Reconstrução-Rio, uma parceria do Governo do Estado, a empresa Geomecânica e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em 1995.

Este projeto também possibilitou a orientação, treinamento e capacitação técnica, através de cursos de estabilidade de encostas ministrados ao corpo técnico da PMP.

Enfim, de 1988 até os dias atuais, passando por eventos de chuvas que causaram grande destruição e vítimas fatais, como os ocorridos em 1996, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2007, 2008 e 2011, estes dois últimos atingiram a bacia do Rio Santo Antônio e seus afluentes, dentre estes o Rio Cuiabá. Este evento foi caracterizado por grandes inundações em que os movimentos de massa estiveram associados em função da intensa pluviosidade do evento.

A catástrofe, ocorrida em 2011 que deixou 916 vítimas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, considerada a maior tragédia natural da história recente do Brasil, concentrou os efeitos de destruição no Vale do Cuiabá e no Vale do Rio Santo Antônio, porém, no vale do Cuiabá, apesar de múltiplos escorregamentos e corridas de massa, as consequências se concentram na várzea de inundação, com a destruição de muitas moradias ali implantadas deixando um saldo trágico de 71 mortos e 45 desaparecidos. A chuva provocou inúmeros deslizamentos nos vales adjacentes, carreando um imenso volume de detritos que se depositaram ao longo da calha do rio e na estrada Ministro Salgado Filho.



Figura 04 - Catástrofe provocada pela inundação dos rios Cuiabá e Santo Antônio em janeiro de 2011.

Desde então a PMP vem realizando convênios com o Governo do Estado do Rio de Janeiro, através do Departamento de Estradas e Rodagem (DER) e Secretaria de Obras do Estado e com o Governo Federal, através do Ministério das Cidades, como foi o exemplo do PAC das Encostas (2013) e, assim, captando recursos para obras de remediação e prevenção de movimentos de massa em encostas. Todas estes projetos e obras foram supervisionados e fiscalizados pelas equipes da Secretaria de Obras do Município, eventualmente, com apoio de empresas terceirizadas, o fato é que a PMP conquistou ao longo dos anos uma boa capacidade para o gerenciamento de ações estruturais.

Entretanto, a gestão de ações não estruturais pelos órgãos públicos nas três esferas de governo, não tiveram o mesmo desenvolvimento que as ações estruturais. Apesar da existência de vários estudos e a sanção de decretos reguladores, tais quais, como: a criação da Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (1982) e o desenvolvimento de seu Plano de Manejo (2005); a lei Orgânica do Município (1990); o Plano de Proteção de encostas (GEROE/UERJ/GEOMECÂNICA) (1994); a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUPOS) em 1998; a criação da Secretaria Municipal de Habitação (2000); a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (2001)e, mais recente, a elevação ao status de Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil (2013), até então uma Coordenação ligada ao gabinete do prefeito.



Esta nova secretaria incorporou atribuições de Controle Urbano, absorvendo a Coordenadoria de Fiscalização até então lotada na Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, além disso, vem desenvolvendo importante trabalho de previsão e proteção gerindo o Plano de Contingência (2010) para o período de chuvas.

Em 2014 a PMP firmou um convênio com a *Japanese Agency for International Cooperation (JICA)* para a capacitação dos técnicos da PMP nas ações de Gerenciamento de Risco.

A partir de informação de radares meteorológicos e da rede de pluviômetros automáticos instalados pelo Governo do Estado através do Instituto Estadual do Ambiente e pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), são no total 61 (sessenta e um) pluviômetros instalados em todo o Município (2012), sendo que 26 automáticos e 35 semiautomáticos do projeto "Pluviômetros nas Comunidades".

Além desta iniciativa, Petrópolis recebeu equipamentos para monitorar risco, uma Estação Total Robotizada (ETR) que foi instalada na Escola Municipal do Alto Independência - com 100 prismas instalados nas encostas circundantes, detectando movimento superficiais, possibilitando a prevenção de deslizamentos - através de uma parceria da Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil, com o centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), do Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

A ETR é um sensor geotécnico que emite sinal infravermelho, refletido nos 100 prismas (ou espelhos) espalhados num raio de até 2,5 km. Os dados coletados pelos equipamentos serão enviados via internet, ao CEMADEN, possibilitando acompanhar e monitorar movimentos nas encostas. A partir de pesquisas em andamento, as informações e dados obtidos darão subsídios para emissão de alertas prévios.

Desde 2013, a PMP conta com um sistema de alerta e alarme com 18 (dezoito) sirenes instaladas em 10 (dez) comunidades do 1º Distrito:

- 24 de Maio (Morro do Estado e Rua Nova);



- Alto da Serra (Ferroviários);
- Bingen (João Xavier);
- Dr. Thouzet (Dr. Thouzet);
- Independência (Rua Ó e Taquara);
- Quitandinha (Amazonas, Ceará, Duques, Espírito Santo e Rio de Janeiro);
- São Sebastião (Adão Brand e Vital Brasil);
- Sargento Boening (Rua E);
- Siméria (Frente para o Mar);
- Vila Felipe (Campinho e Chácara Flora).

Estas sirenes são acionadas remotamente pela Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil e tem o intuito de sensibilizar os moradores de áreas de risco a procurar um local seguro, ou, quando possível, um dos pontos de apoio.

Todavia, a implantação de um sistema de Gestão de Risco coordenando de forma integrada ações estruturais e não estruturais demanda a congregação dos Poderes Públicos e esforços dos demais atores envolvidos para que a partir de ampla discussão, tracem planos e operacionalizem as ações de forma eficaz e sustentável.



3 Perigo e Risco, Conceitos Fundamentais

Nesta seção serão apresentadas as principais definições de Perigo e Risco, bem como termos associados para uma uniformização conceitual.

3.1 Risco

“Risco é a percepção que um indivíduo ou grupo tem de um perigo ou ameaça potencial que pode provocar, ao se manifestar, perdas, danos materiais, ferimentos ou até a morte.”

A definição acima enfatiza um aspecto importante da noção de risco que ainda é polêmico nas esferas públicas, principalmente na relação entre os poderes Executivo Municipal, Estadual e Federal e o Ministério Público.

A definição preconiza que o indivíduo residente em áreas de risco alto e muito alto tenha a percepção dos perigos e ameaças, ou seja, que ele esteja consciente, ou melhor, tenha o direito de ser informado que se encontra numa área de risco e, a partir disso, busque junto ao Poder Público ou através de recursos próprios, soluções para a mitigação do risco ou ainda encontrar um lugar seguro para construir uma nova moradia.

Não há risco sem uma população ou ao menos um indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos.

Ou seja, de nada adianta o Poder Público dispor de Mapas de Perigo e Risco e Planos de Redução de Risco, Planos de Contingência, etc., se os moradores das áreas de risco não têm a consciência da sua condição, e a partir daí assumem uma postura proativa para conviverem ou, se for o caso, saírem desta condição.

Existe uma relutância muito grande dos Poderes Públicos em conscientizar os moradores em Áreas de Risco Alto e Muito Alto, justificativas como a geração de pânico, possibilidade de ações judiciais requerendo solução imediata de moradia; ou a reação dos próprios moradores que temem a desvalorização de suas propriedades (risco econômico), o que, inclusive, é encarado pela população como uma espécie de



condenação pois, o fato é que redução a "risco zero" não existe, o que é preciso é Gerenciar o Risco.

Entretanto, esta verdadeira mudança de paradigma no Gerenciamento de Risco nas Encostas, preconiza uma nova relação entre os Poderes Públicos e os indivíduos residentes nas áreas de risco, e, diante disso, o trabalho de conscientização desta condição precária da moradia constitui, efetivamente, o ponto de partida para qualquer estratégia de ações para a redução de risco.

Todavia, este princípio tem que ser reconhecido por todas as esferas de Poderes Públicos (Municipal, Estadual e Federal), do Legislativo, através das Câmaras Municipais, do Judiciário e do Ministério Público.

Esta conscientização não consiste em tarefa fácil, pois, enfrenta muitas resistências, principalmente, conforme já aludido, dos próprios moradores. A experiência demonstra que quando os chefes de família são homens, que muitas vezes investiram recursos e esforços na construção de suas moradias, existe grande relutância quanto à aceitação da condição de risco e muitas vezes, assumem posturas negligentes, deixando de enfrentar o problema.

Por outro lado, as mulheres, provavelmente por conta do seu instinto de proteção da família, são mais receptivas aos esclarecimentos dos técnicos e assumem mais facilmente a consciência de morar numa área de risco e, conseqüentemente, demonstram mais preocupação e se engajam na busca de solução para esta condição.

Enfim, o importante é que essa mudança de paradigma assegure que as famílias, uma vez sabedoras e conscientes da condição de risco de suas moradias, não façam investimentos em acréscimos na construção e procurarem se engajar de forma proativa em obter uma solução de moradia segura.

Além disso, o reconhecimento pelos Poderes Públicos das Áreas de Risco desconstrói posturas de negligência consubstanciadas no fatalismo, ou de promessas demagógicas calcadas na postura política clientelista, característica ainda muito presente no meio político.



Outro aspecto importante da definição de risco é muitas vezes confundido com o acidente ou a catástrofe. Pois bem, o risco é a percepção da **potencialidade** do acidente e de suas consequências, não significa uma iminência ou uma condenação de uma determinada área, ou ainda, que no próximo verão ocorrerão acidentes em todas as áreas de risco da cidade. As crises ou catástrofes devem ser gerenciadas pelos serviços de socorro e Defesa Civil, através dos planos de contingência, ao passo que o risco exige ser integrado às escolhas de gestão, às políticas de organização dos territórios, e às práticas econômicas através da prevenção (VEYRET, 2007).

Uma abordagem quantitativa expressa o risco através da seguinte expressão:

$$R = P[\text{perigo}] * V * E \quad (1),$$

Onde:

- **R**, é o risco;

- **P[perigo]**, corresponde à suscetibilidade de ocorrência de escorregamentos, quedas de blocos ou corridas de massa, expressa através de uma probabilidade obtida através de pesquisa histórica da frequência de acidentes em um dado local ou região.

- **V**, é a vulnerabilidade, quantificada também através de uma probabilidade, traduz a chance de ocorrência de consequências (espacial, temporal e das construções);

- **E**, é a estimativa da população em risco.

3.2 Perigo ou Ameaça/Suscetibilidade

Fenômenos naturais e/ou induzidos pela atividade humana com potencial de causar consequências (vítimas fatais ou feridos, desabrigados, desalojados, danos materiais, interrupção de serviços, etc.).

Os perigos ou ameaças responsáveis por acidentes e os eventos catastróficos em Petrópolis são os movimentos de massa nas encostas, as enchentes e as inundações nos fundos dos vales e nas várzeas de inundação. Os processos erosivos, apesar de não



construírem ameaças diretas às moradias, constituem agentes efetivos preparatórios, tanto nas encostas, pois, muitas vezes estão associados aos movimentos de massa e nas enchentes e inundações por conta do assoreamento dos canais e solapamento das margens.

As situações de risco ("hazard"), fontes de risco, ou ainda, áleas (situação de risco) traduzem a probabilidade dentro de um período de tempo específico, de deflagração de um perigo numa determinada área que esteja ocupada ou não.

A caracterização e classificação de uma situação de risco implicam a delimitação geométrica (área e volume envolvidos) e levantamento das características do tipo de movimento de massa, trajetórias prováveis para o caso de queda de fragmentos de rocha e fluxo de detritos.

O uso do termo suscetibilidade numa análise de risco quantitativa fica restrito à estimativa do potencial de ocorrência ou manifestação de uma dada ameaça/perigo em uma dada área, num período de tempo definido, expresso através de probabilidades deduzidas (subjetivas).

3.3 Vulnerabilidade

Define a probabilidade de ocorrência de consequências (morte, danos) em um dado elemento ou conjunto de elementos em risco, dentro de uma situação de risco (álea), ou seja, numa área delimitada de uma encosta com perigo de movimentação, incluindo áreas a montante e jusante ou áreas de depósito de fragmentos de rocha ou de fluxo de detritos. A vulnerabilidade é expressa quantitativamente por uma probabilidade que varia de 0 (quando não ocorrem perdas) a 1 (para perdas totais).

Conforme a metodologia aplicada ao PMRR (2007) a quantificação da vulnerabilidade empregou o critério descrito no Quadro 01 que definiu o mapa de padrões construtivos.



Quadro 01 -Correlação entre padrões construtivos e vulnerabilidade.

CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES CONSTRUTIVOS		VULNERABILIDADE
TIPO	NOMENCLATURA	
I	ALTO	0,01
II	RURAL	0,1
III	URBANO	0,5
IV	ASSENTAMENTO PRECÁRIO COM ORDENAÇÃO	0,7
V	ASSENTAMENTO PRECÁRIO SEM ORDENAÇÃO	0,9
VI	FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO (CANALS)	0,9

3.4 Área de Risco

“Área ocupada por moradias, comércio, indústria ou utilidades, passível de fazer parte ou de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos pelo homem (perigos ou ameaças) com potencial de gerar consequências adversas.”

As áreas de risco são o recorte espacial das encostas ocupadas por moradias, comércio, indústrias ou utilidades sujeitas a consequências de movimentos de massa, enchentes e inundações. Os elementos em risco, como, por exemplo, moradias podem estar sobre o terreno em movimento (ver figura 05) a montante (ver figura 06) ou a jusante (ver figura 07), ou ainda, numa região de depósito de fragmentos de rocha (ver figura 08), e, também, ao longo da trajetória de um fluxo de detritos (ver figura 09).



Figura 05- Vista de construções sobre terreno em movimento na Rua Casemiro de Abreu, Centro.



Figura 06- Vista da encosta a montante da Rua Manoel Afonso, Bingen.



Figura 07- Vista da ocupação a jusante da Rua Nair de Oliveira Kronenberg, Quarteirão Brasileiro.



Figura 08- Região de depósito de fragmentos de rocha Rua Timóteo Caldara, Itamarati.



Figura 09– Corrida de detritos em porção da encosta a montante da Rua Amaral Peixoto, Quitandinha, Petrópolis, dezembro de 2001 (Foto cedida pela SOB/PMP).

Os **taludes** são superfícies inclinadas de maciços terroso, rochoso ou misto (solo e rocha), resultante de processos geológicos e geomorfológicos diversos. São, portanto, porções delimitadas da encosta.

As **encostas naturais** ou, simplesmente encostas, são o mesmo que vertentes, e estão relacionadas às áreas mais abrangentes com superfície inclinada, definidas pelos topos, linhas de cumeada ou espigões e pelos sopés nos fundos de vales ou talvegues.

3.5 Elementos em Risco

Constituem o conjunto de elementos que podem sofrer consequências com a deflagração de movimentos de massa em encostas ou serem atingidos por massas em movimento. Portanto, são elementos em risco à população e suas moradias, prédios comerciais, industriais, públicos, infraestruturas, meio ambiente, etc.

3.6 Análise de Risco

Denomina-se Análise de Risco o conjunto de procedimentos que fazem uso das informações disponíveis para estimar o risco individual ou de uma população, de moradias ou prédios, ou ao meio ambiente. Geralmente, a estimativa de risco é dividida



em duas etapas: Análise de frequência de ocorrência de movimentos de massa numa dada região (análise da situação de risco) e a análise das consequências potenciais associadas a um evento dentro do setor (área) de risco. A integração destas duas análises, gera as estimativas de risco.

3.7 Estimativa de Risco

Processo empregado para se chegar a uma medida qualitativa ou quantitativa do nível de risco de perdas de vidas humanas, danos às propriedades ou, ainda, ao meio ambiente, efetuada durante a análise de risco.

3.8 Avaliação de Risco

Uma vez concluída a análise de risco e feita a estimativa do risco, este é interpretado através da comparação com valores de risco aceitáveis, obtidos por julgamento ou critérios de decisão.

3.9 Gerenciamento de Risco

É o processo completo de avaliação e controle do risco.

3.10 Risco Aceitável

O risco aceitável corresponde ao nível de risco que a sociedade está preparada para aceitar como ele é, convivendo na vida cotidiana ou no trabalho a sociedade não gera demandas por gerenciamento e nem considera justificáveis gastos adicionais com esta categoria de risco.

3.11 Risco Tolerável

O risco tolerável equivale ao nível de risco que a sociedade está disposta a conviver, desde que certos valores essenciais sejam garantidos, na confiança que estes estejam sendo corretamente controlados e que, futuramente, na medida do possível, sejam reduzidos.



3.12 Desastre Natural

Desastre natural pode ser definido como resultado do impacto de uma catástrofe natural sobre um sistema social que provoca lesões graves ou danos que excedem a capacidade das partes envolvidas para lidar com o impacto (Tobin & Montz, 1997).

O **Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)** define os desastres como uma situação que supera a capacidade de resposta local; precisa de ajuda ao nível nacional ou internacional; além disso, é um evento súbito e inesperado que muitas vezes provoca danos, destruição e sofrimento humano.

A incorporação de um **desastre natural** ao banco de dados do CRED demanda que, pelo menos, um dos seguintes critérios ocorra (Cepal, 2011; Guha-Sapiret al., 2011):

- a) 10 ou mais vítimas fatais;
- b) Relatos de que 100 ou mais indivíduos tenham sido afetados;
- c) Declaração de estado de emergência;
- d) Chamado para assistência internacional;

3.13 Resiliência

Capacidade de prevenir desastres e crises, assim como prevê-los, amortizá-los, levá-los em conta, ou recuperar-se deles a tempo e de forma sustentável, incluindo a proteção, o reestabelecimento e a melhora dos sistemas de vida frente às ameaças (FAO,2016).

O processo de resiliência vai além do enfrentamento, incluindo o aprendizado com a situação de crise passada, a integração de sua elaboração, seja pessoal, familiar ou social, e o retorno desse aprendizado à comunidade (Walsh, 1998).

As estratégias de resiliência adaptadas de FAO (2013) se baseiam em quatro pilares:

- a) **Criação de um entorno favorável** - fortalecimento institucional e gestão do risco e decisões.



- b) **Vigilância para salvaguardar** - criação de sistemas de monitoramento, informação e alerta.
- c) **Aplicação de medidas de redução de risco e da vulnerabilidade** - proteção, prevenção, mitigação e construção dos meios de vida com tecnologias, enfoques e práticas em todos os setores envolvidos.
- d) **Preparação e resposta** - preparação e resposta perante as crises relacionadas à movimentos de massa e inundações.

4 Classificação de Movimentos de Massa

Os movimentos de massa associados aos acidentes que ocorrem na região serrana do estado do Rio de Janeiro podem ser classificados conforme ilustrados na figura 10.

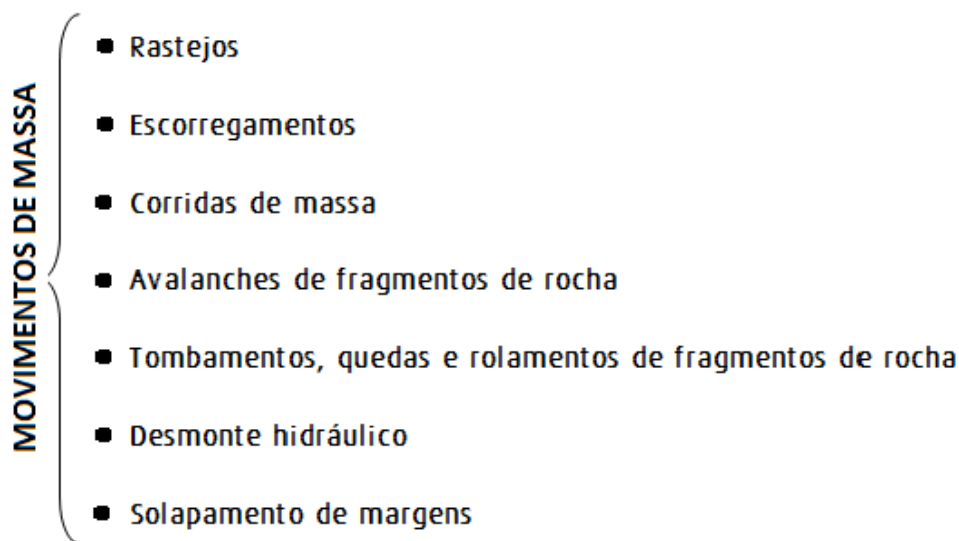


Figura10 -Classificação de movimentos de massa em encostas e margens de rios mais comuns na região serrana do Rio de Janeiro.

4.1 Rastejos

Os rastejos são os movimentos lentos e contínuos associados geralmente a solos coluvionares depositados sobre os solos residuais nas encostas. Este tipo de movimento pode envolver grandes massas de solo, abrangendo porções restritas da encosta conhecida como línguas, em razão da sua forma ou até vertentes inteiras.



A movimentação é provocada pela ação da gravidade, intervindo, porém, os efeitos devido às variações de temperatura e nível d'água freático e de declividade da encosta. Ou seja, encostas muito íngremes possibilitam uma drenagem mais rápida das águas infiltradas, por outro lado, terrenos com declividades menos acentuadas propiciam o maior acúmulo de água e, assim, os movimentos de rastejo podem ocorrer com maior intensidade.

Os terrenos constituídos por colúvios ou tálus-colúvio são os mais suscetíveis e mais comuns nas porções médias e no sopé das encostas da Serra do Mar, entretanto, podem ser notados fenômenos de rastejo em massas de fragmentos de rocha, uma vez que quando de formação recente são mais porosos e, portanto, mais permeáveis. Estes tipos de movimento podem ser profundos com movimentação constante ou superficial com características periódicas ou sazonais.

Os rastejos em superfícies ficam evidenciados, muitas vezes, por mudanças na verticalidade de árvores, postes, etc., conforme apresentado na figura 11.

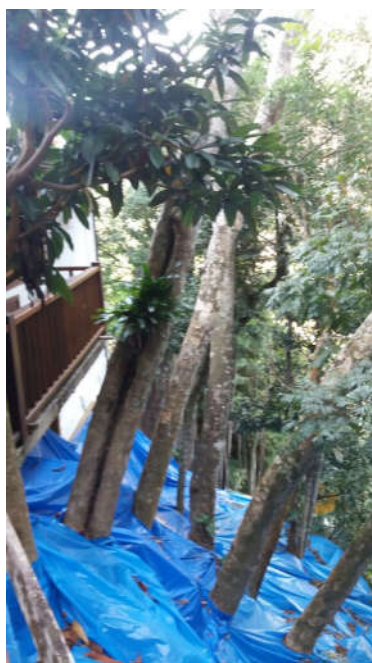


Figura 11 -Terrenos com árvores inclinadas que podem denotar movimento de rastejo.

O rastejo pode ainda, estar associado a escorregamentos, ou seja, pode proceder a escorregamentos, como também ocorrer nas massas escorregadas.



Terrenos coluvionares, onde a vegetação natural foi suprimida e nestes foram plantadas bananeiras, podem desenvolver movimentos de rastejo por conta da maior infiltração propiciada por esta cultura.

Em Petrópolis, os movimentos de rastejo ocorrem, principalmente, em depósitos superficiais coluvionares, ou, ainda, de lixo e entulho ("lixúvio") principalmente em talvegues, como por exemplo a encosta a montante da Rua Casemiro de Abreu em local conhecido como Morro do Calango(ver figura 12).



Figura 12 - Depósito coluvional superficial com sobrecarga de lixo e entulho apresentando movimento de rastejo, Morro do Calango, Floresta.

4.2 Escorregamentos

Os escorregamentos são movimentos rápidos, cujas massas são definidas quanto ao seu volume pela formação em profundidade de uma superfície de ruptura.

A causa principal dos escorregamentos continua sendo a infiltração de água no terreno decorrente das chuvas prolongadas. O preenchimento gradual dos vazios do solo faz com que seu peso específico aumente. Ao longo da superfície potencial de ruptura a relação entre a resistência média ao cisalhamento (esforço resistente) e as tensões médias de cisalhamento (esforços atuantes) decresce até convergir para a unidade no instante quando o escorregamento é deflagrado.

A massa de solo acima da superfície potencial de ruptura começa a se plastificar, pois, notam-se deformações progressivas, inclusive, gerando trincas e abatimentos, percebidos em superfície na figura 13a.

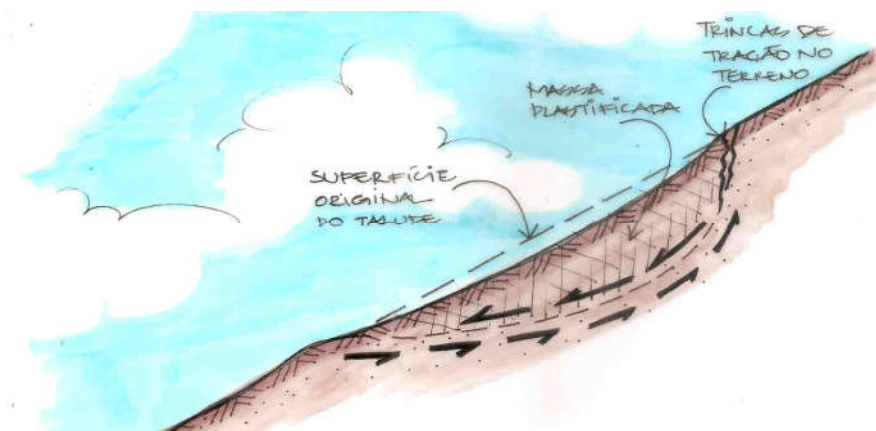


Figura 13a– Escorregamento rotacional, feições típicas.

Os escorregamentos podem ser rotacionais e translacionais (em solo e rocha, ou, ainda no contato entre solo e rocha).

Os escorregamentos rotacionais, cuja superfície de ruptura pode ter a forma de um arco de circunferência ou superfícies não circulares (lítricas ou biplanares), ou ainda compostas, envolvem grandes massas de solo residual, mas também são comuns de ocorrer em depósitos artificiais (aterros), no topo das encostas ou a meia encosta. Estes últimos são muito comuns em Petrópolis, quando frequentemente são realizados cortes



para a conformação de platôs de residências e o material cortado é simplesmente empurrado para jusante, conforme ilustrado na figura 13b.



Figura 13b– Escorregamentos de aterro gerado por terraplenagem para a implantação de “caminho de futebol”, Bingen, Petrópolis, dezembro de 2001 (Foto cedida pela SOB/PMP).

Os escorregamentos podem conformar 3 (três) situações de risco muito comuns. A figura 14a, ilustra uma situação em que a moradia foi construída sobre a massa escorregada.



Figura 14a– Ilustração de uma moradia construída por sobre a massa escorregada



A figura 14b ilustra uma situação de risco em que a moradia ficou "pendurada" a montante do escorregamento.

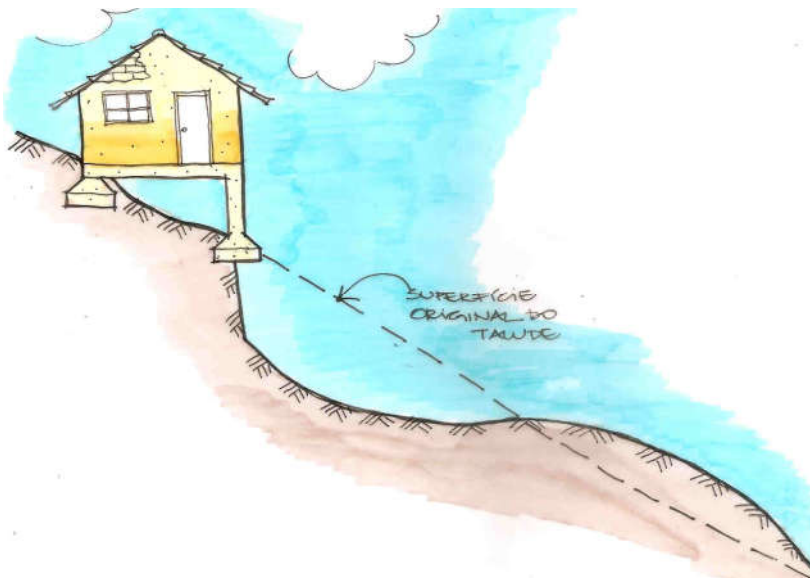


Figura 14b– Ilustração de uma situação de risco em que uma moradia ficou “pendurada” a montante de um escorregamento

A figura 14c ilustra a situação de risco em que uma moradia foi impactada por um escorregamento de montante.

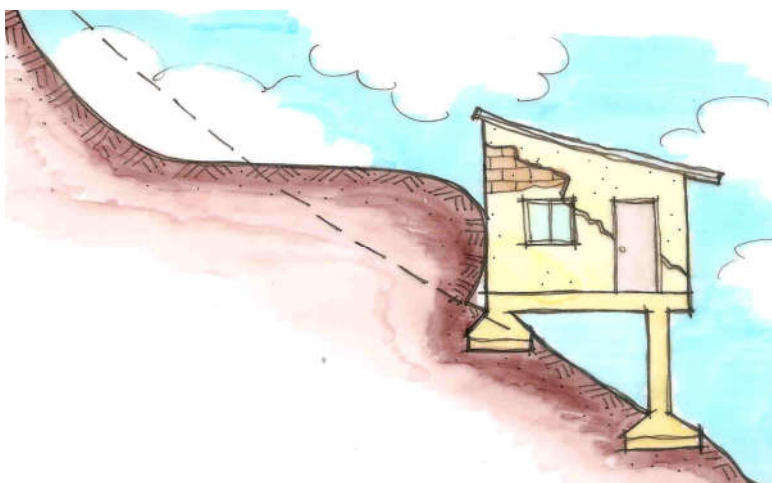


Figura 14c– Situação de risco em que uma moradia, a jusante de um escorregamento, foi atingida pela massa oriunda deste

Os escorregamentos em terrenos naturais (residuais), quando ocorrem em cotas elevadas, podem deflagrar corridas de massa, pois, o material escorregado acaba se



deslocando encosta abaixo, canalizado ou não em talwegues, e acaba dissecando os terrenos a jusante, conforme ilustrado na figura 14d.

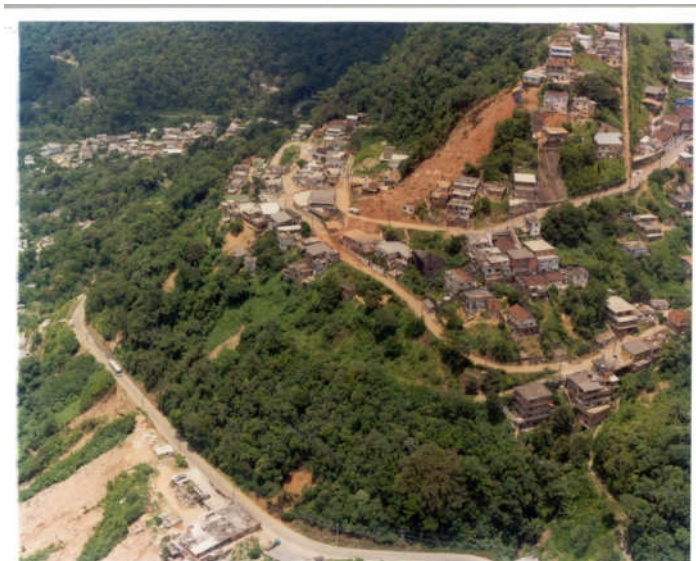


Figura 14d – Encosta Rua Jacinto Rabelo, Alto da Serra – acidente dezembro de 2001 (Foto cedida pela SOB / PMP).

Os escorregamentos translacionais em solo são movimentos ao longo de uma superfície de ruptura plana, em geral definida por uma estrutura reliquiar pré-existente ou mesmo pela sobreposição de um depósito coluvionar sobre um terreno de solo residual.

Os escorregamentos translacionais em rocha são movimentos de massas rochosas que ocorrem ao longo de discontinuidades ou planos de fraqueza preexistentes (Guidicini & Nieble, 1976).

Os movimentos translacionais mais comuns em Petrópolis são os deslizamentos de solo (depósitos de colúvio ou solos residuais maduros, de difícil distinção de um e de outro) e os deslizamentos de massas de solos rasos sobre rochas. Estes escorregamentos ocorrem quando o regolito (material decomposto que repousa diretamente sobre a rocha matriz) possui uma pequena espessura de transição para a rocha, ou, ainda quando existe um depósito pouco espesso de colúvio diretamente em contato com a superfície da rocha sã ou pouco alterada. Em ambos os casos o crescimento da cobertura florestal



pode contribuir como sobrecarga para a deflagração do movimento que ocorre, via de regra, pelo fluxo de água no contato com a rocha(ver figura 15a e 15b e 15c).

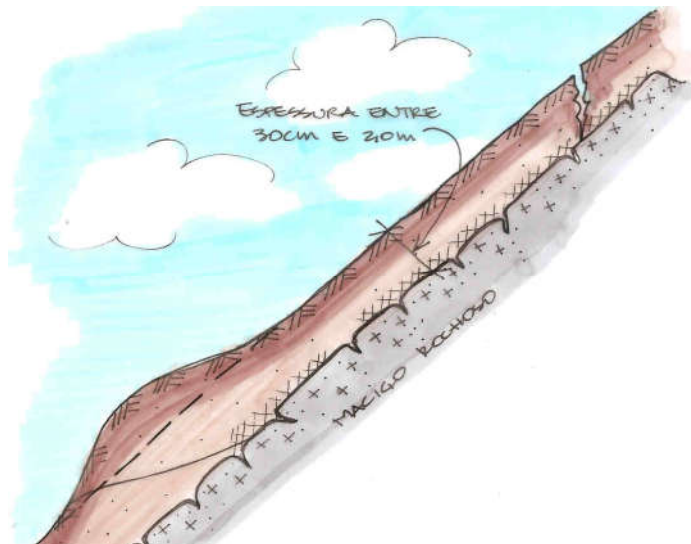


Figura 15a – Escorregamentos translacionais (deslizamentos em solos rasos sobre rocha)



Figura 15b– Escorregamentos translacionais múltiplos em solo raso sobre rocha no Vale do Cuiabá, ocorridos na catástrofe de 2011.



Figura 15c-Escorregamento de solo raso sobre rocha na encosta a montante da Rua Eugênio Werneck, Morin. (Oliveira, 2004).

Além dos escorregamentos rotacionais e translacionais seja em solos, rocha ou no contato solo/rocha que são deflagrados pela ação das chuvas, existem, também aquelas deflagradas por ações antrópicas, como, por exemplo, cortes e aterros inadequados realizados por cortes manuais, serviços de terraplenagem geralmente realizados sem projeto ou mínima orientação técnica.

4.3 Corridas de Massa

As corridas de massa são os movimentos naturais com maior energia destrutiva, pois, são formas rápidas de fluxo (atingem até 10 km/h), onde massas constituídas de solo, fragmentos de rocha, matéria vegetal (árvores, galhos, raízes) ou uma mistura destes, com excesso de água, perdem a sua estrutura original e, conseqüentemente, o atrito interno, e escoam em grande velocidade, governadas pelas leis da hidrodinâmica.

De acordo com Guidicini & Nieble (1976) as corridas de massa podem ser classificadas em **corridas de terra** ou **lama**, **corridas de areia** ou **silte** e **corridas de detritos**.

As **corridas de massa** se amoldam às condições do relevo, no caso **das corridas de terra**, estas possuem a forma, em planta, de uma língua, constituída por 3 (três) elementos: raiz ou fonte, corpo e base. Na raiz, do lado de montante, região de acumulação de material (sedimentação fluvio-lacustre ou depósitos de colúvio) ou onde é deflagrado o escorregamento que dá origem à corrida; o corpo da corrida é a região onde ocorre o fluxo do material, este pode ser ao longo de um talvegue ou um canal dissecado pelo próprio movimento; e a base da corrida que é a própria região de acumulação de material (ver figura 16).

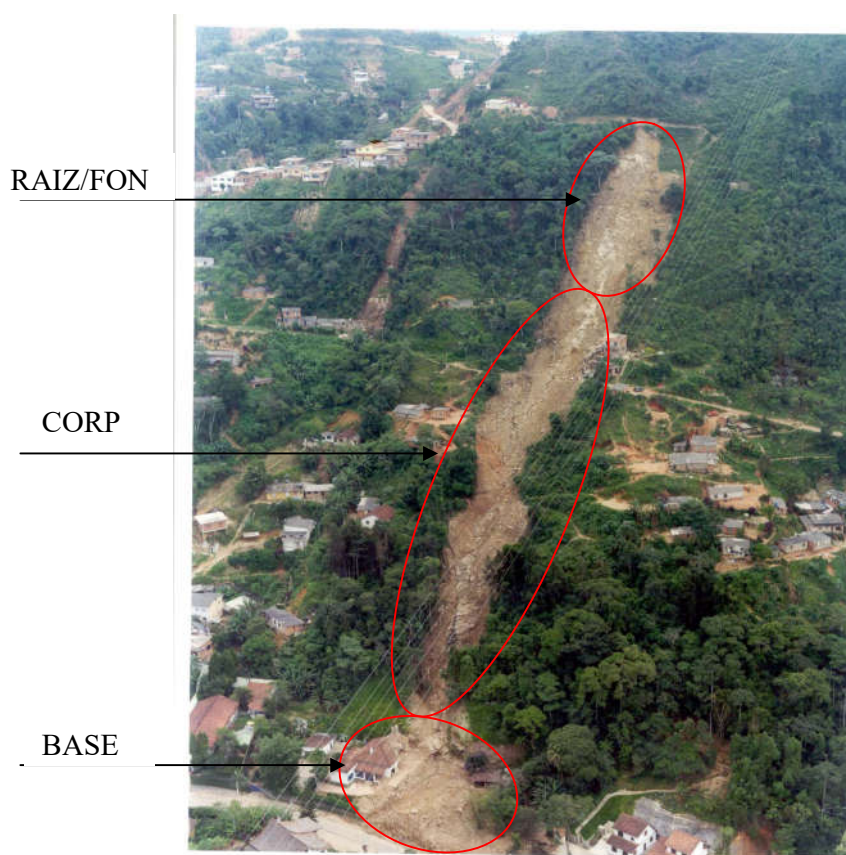


Figura 16– Corrida de massa e seus 3(três) elementos.

No caso das encostas de Petrópolis são registradas corridas de detritos ("debrisflow"), cujo mecanismo de deflagração se dá a partir de escorregamentos em áreas de fonte junto às cumeadas (escorregamentos em solo ou deslizamentos nos contatos de solos rasos sobre rocha). Em função da grande amplitude do relevo, as massas escorregadas possuem grande energia e dissecam talvegues (que concentram depósitos coluvionares) ou mesmo vertentes terrosas, que ao longo de sua trajetória vão



acumulando detritos formando uma massa heterogênea, uma mistura de solo, fragmentos de rocha e matéria vegetal que acaba se depositando no sopé da encosta.

A corrida de detritos ocorrida na encosta a montante da Rua Amaral Peixoto, no bairro Quitandinha(24-12-2001), teve como origem um escorregamento na porção superior da encosta, onde o fluxo de detritos dissecou o terreno, atravessou as Rua Minas Gerais e Maranhão, destruindo totalmente duas casas e parcialmente uma casa, deixando seis vítimas fatais (ver figura17).



Figura 17 - Escorregamento na porção superior da encosta na Rua Amaral Peixoto, o fluxo de detritos dissecou terreno, atravessou as Rua Minas Gerais e Maranhão (Oliveira, 2004).

Outro grande acidente envolvendo corridas de massa ocorreu na catástrofe de 1988, na Rua Lugano, no bairro Morin, no 1º Distrito de Petrópolis. Este acidente, caracterizado por uma corrida canalizada de fragmentos de rocha, inclusive blocos de grandes dimensões que, além de obstruir um córrego desviando a torrente para o logradouro, atingiu uma casa levando a óbito 06 (seis) pessoas. Houve, inclusive, necessidade de desmonte dos blocos que formaram uma barragem para que o pequeno córrego, que mais adiante forma o Rio Palatino, voltasse ao seu leito normal.

A catástrofe de 2011 nos Vales dos Rios Cuiabá e Santo Antônio em Itaipava foi caracterizada pela deflagração de múltiplos escorregamentos que provocaram corridas



de detritos que se acumularam nos tributários do rio Cuiabá que, inclusive, foi momentaneamente obstruído, formando uma barragem que fez com que o fluxo de água se espriasse ocupando a estrada Ministro Salgado Filho. Existem relatos de moradores que mencionam que a referida barragem em seguida rompeu provocando uma onda de detritos.

4.4 Tombamentos, Quedas e Rolamentos de Fragmentos de Rocha

A evolução natural dos maciços rochosos faz com que ocorram tombamentos, quedas e rolamentos de fragmentos de rocha que se destacam dos maciços pela ação do intemperismo físico e químico. Estes fragmentos se deslocam encosta abaixo pela ação da gravidade por vezes canalizados quando feições do tipo talvegue, ou muitas vezes de forma errática, se acumulando no sopé das encostas formando depósitos de tálus.

O destacamento de fragmentos dos maciços rochosos ocorre principalmente pela ação alternada de congelamento e degelo ao longo das fraturas e juntas (descontinuidade dos maciços), pela variação térmica diária que nas rochas graníticas e gnaissé provoca esfoliação esferoidal; pela perda de apoio dos blocos causada pela ação erosiva da água das chuvas ou por desconfinamento; por alívio de tensão de origem tectônica; pelo fendilhamento de fraturas e juntas e pelas raízes de árvores e arbustos. Os agentes deflagradores da queda de fragmentos, além das chuvas intensas e os fluxos canalizados do escoamento superficial, podem ser o atingimento por raios ou até por ondas mecânicas provocadas por detonações em pedreiras ou construções próximas.

O evento extremo de queda de fragmentos de rocha manifesta-se sob a forma de avalanche quando um volume grande de fragmentos se destaca de uma só vez ou quando um depósito à meia encosta ou acumulado em uma porção elevada de um canal se rompe impelido por um fluxo torrencial de água.

O padrão de deposição dos fragmentos de rocha exibido nos depósitos de tálus reflete certa regularidade, os fragmentos menores (pedras de mão e matacões) se acumulam a jusante do ápice do depósito, formando um ângulo de 38° (em média) na porção mais alta do depósito. Os fragmentos maiores (blocos) são depositados no pé da encosta e a inclinação destes depósitos cai para uma faixa entre 20° e 10° (Evans & Hungr, 1993).



A distância máxima alcançada pelos fragmentos pode ser estimada por duas medidas empíricas. A primeira delas conhecida como "Fahrböschung" e a segunda é o ângulo de sombra mínimo, além disso, modelos físico-matemáticos como os disponíveis no programa Rockfall permitem a partir de uma seção topográfica do maciço rochoso, estimar a distância máxima alcançada pelos fragmentos e a energia cinética com que um bloco padrão chega em pontos escolhidos no sopé da encosta.

Os destacamentos de consequentes tombamentos, quedas e rolamentos de fragmentos ocorrem com frequência em Petrópolis no período de outono e inverno, principalmente, quando a temperatura cai muito provocando o congelamento da água nas juntas ou fraturas.

Em Petrópolis existem diversas áreas onde a queda de fragmentos de rocha assume certa frequência: encosta a montante das Ruas Alexandre Fleming e Capitão Danilo Paladini no bairro São Sebastião; encosta a montante da Rua Timóteo Caldara no bairro Itamarati (fig. 18) e na Estrada do Ingá, no distrito da Posse(fig.19); Estrada do Ribeirão Grande, distrito de Itaipava(fig. 20).

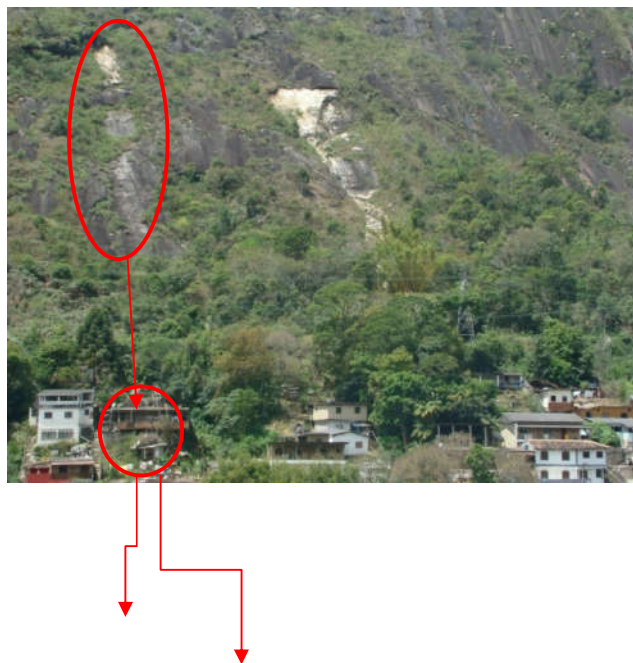




Figura 18 -Destacamento e queda de fragmentos de rocha na encosta a montante da Rua Timóteo Caldara, no bairro Itamarati (Veiga, 2013).



Figura 19 -Bloco oriundo de destacamento de rocha seguido de rolamento a poucos metros de residência no distrito da Posse, Estrada do Ingá.

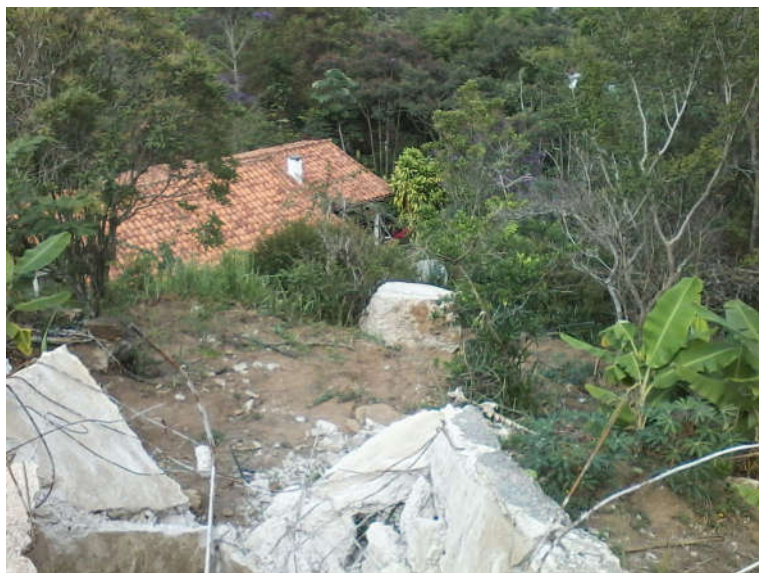


Figura 20 -Fragmentos acumulados ao longo de talvegue dissecado na rocha em encosta a montante do loteamento Nova Itaipava, na Estrada do Ribeirão Grande.

Em julho de 2000 (inverno) por volta da meia noite, os termômetros registravam 1°C, numa das vertentes leste da Pedra do Retiro ocorrera um destacamento de grandes proporções que resultou numa avalanche de blocos enormes que atingiu uma área florestada, felizmente, longe dos assentamentos urbanos (Oliveira, 2000).

4.5 Desmorte Hidráulico

Apesar de poucos registros que comprovem a ocorrência do mecanismo de ruptura de desmorte hidráulico ("wash-out") de porções de encostas é bastante factível que esta ocorra, principalmente quando ocorrem precipitações intensas da ordem de 150 a 200 mm/h em encostas desprotegidas ou em feições geomorfológicas que proporcionem a concentração e, conseqüente, canalização dos fluxos superficiais.

O desmorte hidráulico provoca a perda súbita da resistência ao cisalhamento do solo transformando-o em um líquido viscoso, lama.

4.6 Solapamento de Margens

Este tipo de movimento está associado às enchentes e inundações em rios, córregos e canais artificiais.



As chuvas intensas quando abrangem uma boa porção das bacias hidrográficas escoam superficialmente e acabam por gerar torrentes cujo escoamento não é compatível com as dimensões das calhas, declividade, rugosidade do leito, carga de sólidos, portanto, este fluxo veloz e irregular acaba por desencadear um processo de erosão de margem que contribui para o solapamento das margens.

As causas principais da geração de vazões elevadas são a crescente urbanização das cidades com conseqüente redução da cobertura vegetal, impermeabilização, gerando incremento do escoamento superficial, aumento da velocidade de escoamento por conta da retificação de canais naturais e estreitamento da calha deste como resultado da ocupação das margens e das várzeas de inundação.

Outro aspecto importante que faz com que as margens dos canais naturais se tornem suscetíveis ao solapamento é a ausência de mata ciliar com espécies nativas, sua substituição pelo que se acostumou chamar "mato ciliar", geralmente constituído por gramíneas típicas de pasto (capim gordura, capim colônião, braquiária) e gramíneas de jardim (grama São Carlos, Esmeralda, etc.).

Outro mecanismo importante no movimento de solapamento de margens é o rebaixamento rápido. Esta é uma condição crítica que ocorre em taludes de margens constituídas por solos pouco permeáveis. Durante uma precipitação a calha do canal, após permanecer por um período com a vazão de cheia, acaba saturando parcialmente uma zona junto à face do talude. Após cessar a precipitação na bacia contribuinte, o nível d'água na calha é reduzido subitamente, assim, são geradas poro pressões nessa zona junto à face que provocam o decréscimo abrupto da resistência ao cisalhamento do solo nesta região, ocasionando a ruptura do terreno.

Em margens revestidas ou com muros de arrimo pode ocorrer o colapso do revestimento ou tombamento dos muros em função da redução da resistência ao cisalhamento ou pela geração de empuxo hidrostático no caso de muros impermeáveis.

Além disso, taludes de margem sem vegetação ou sem revestimento adequado a condições críticas de velocidade de escoamento podem solapar caso não resistam à força de arraste.



5 Caracterização de Movimentos de Massa

O gerenciamento do uso do solo requer o conhecimento, análise e controle dos fenômenos de movimentos de massa que são consequências do comportamento tensão-deformação-tempo dos materiais constituintes.

A previsão de movimentos potenciais de uma encosta natural ou talude artificial e suas consequências são fundamentais para uma Avaliação de Risco e, portanto, para a proposição e projeto de medidas remediadoras ou preventivas e, assim, atuar no Gerenciamento de Risco como um todo.

Leroueil et al (1996) propuseram uma metodologia para a Análise de Risco de Movimentos de Massa que devem realizar uma abordagem em quatro etapas:

1. Classificação das informações relacionadas à encosta em três classes:
 - (1) **Fatores predisponentes** “in situ”, que determinam a suscetibilidade das encostas após a ocorrência de um fator deflagrador (chuva, por exemplo), ou uma mudança nos fatores agravadores;
 - (2) **Fatores deflagradores ou agravadores**, que são temporários ou evoluídos;
 - (3) **Fatores reveladores** constituem todas as informações que evidenciam a evolução da encosta, mas não participa desta;
2. Caracterização de todos os movimentos e fontes de perigo possíveis com base nos fatores previamente definidos;
3. Estimativa da probabilidade de ocorrência de todos os movimentos (suscetibilidade), ou seja, da condição ou situação de risco que, por sua vez, depende da probabilidade de ocorrência de fatores deflagradores ou agravadores;
4. Estimativa do risco total ou das consequências esperadas associadas com o movimento de massa, dependendo da tipologia, magnitude e probabilidade de ocorrência de movimento.



O conhecimento e compreensão dos mecanismos de ruptura dos movimentos de massa, bem como a ligação lógica com as características geológicas e os fatores geomorfológicos predisponentes são de fundamental importância para as etapas 1 e 2.

As etapas 3 e 4 dependem também da compreensão dos agentes predisponentes geológicos, geomorfológicos, climato-hidrológico, cobertura vegetal, etc., organizados em mapas de estado natural. Além disso, o histórico de acidentes em cada região traduzido em tabelas de frequência é fundamental para a estimativa de probabilidades da suscetibilidade das regiões aos movimentos de massa.

As metodologias de Análise Quantitativa de Risco constituem processos racionais de organização dos dados de estado natural e dos Inventários de Acidentes disponíveis, de forma a permitir uma atualização permanente a partir da coleta de novos dados reduzindo os níveis de subjetividade, entretanto, não eliminando a interpretação e julgamento do conjunto multidisciplinar de técnicos envolvidos no processo.

Uma boa caracterização dos movimentos de massa requer informações não só geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, mas também geotécnicas, ou seja, levando em conta o comportamento mecânico de um movimento em uma encosta terrosa, a definição da trajetória e do alcance de fragmentos de rocha destacados de um maciço rochoso ou de uma corrida de detritos.

Guidicini & Nieble (1976) expõe uma abordagem para a caracterização dos movimentos de massa em encostas descrevendo os agentes e causas, ligados a aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, distingue os termos agente e causa, pois, define, **causa como o modo de atuação de um determinado agente.**

Os agentes predisponentes são o conjunto de condições geológicas, geométricas e ambientais em que o movimento de massa irá ter lugar (Guidicini & Nieble, 1976).

Agentes predisponentes:

- a) Complexo geológico;
- b) Complexo morfológico;
- c) Complexo climato-hidrológico;



- d) Ação da gravidade;
- e) Radiação solar;
- f) Vegetação original.

Os agentes efetivos são o conjunto dos elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento de movimentos de massa, nestes se inclui a ação antrópica. Por sua vez, os agentes efetivos podem ser preparatórios e imediatos.

Agentes efetivos preparatórios:

- a) Pluviosidade;
- b) Erosão pela água ou vento;
- c) Congelamento e degelo;
- d) Variação da temperatura;
- e) Ação de fontes e mananciais;
- f) Oscilação de nível dos lagos e marés e do lençol freático (água, intemperismo físico);
- g) Ação humana e de animais, inclusive desflorestamento;
- h) Dissolução química (água, intemperismo químico, etc.).

Agentes efetivos imediatos:

- a) Chuvas intensas;
- b) Fusão de gelo e neve;
- c) Congelamento;
- d) Erosão;
- e) Terremotos (endógenos);
- f) Ondas;
- g) Vento;
- h) Raios;
- i) Ações antrópicas, etc.

A caracterização de movimentos de massa em encostas poderia então tomar o rumo de duas abordagens, entretanto, uma é complementar a outra.



5.1 Abordagem por Aspectos Geológicos-Geomorfológicos, Hidrológicos e Ambientais

A partir do conhecimento das características geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e ambientais de uma encosta pode ser dada a partida na detecção das principais causas de movimentos de massa sejam estes potenciais, iminentes ou em processo de reativação.

Segundo Terzaghi (1967) citado em Guidicini & Nieble (1976) as causas de movimentos de massa podem ser internas, ou seja, causas que levam ao colapso sem que se verifique qualquer mudança nas condições geométricas do talude e que resultam da diminuição da resistência interna do material; as causas externas provocam um aumento das tensões cisalhantes sem que haja diminuição da resistência do material, ou ainda, causas intermediárias que resultam dos efeitos causados por agentes externos no interior do talude.

Guidicini & Nieble (1976) citam como exemplo as seguintes **causas internas**:

- a) Efeito de oscilações térmicas;
- b) Diminuição dos parâmetros de resistência por razão do intemperismo.

Para **causas externas**:

- a) Mudança na geometria do sistema;
- b) Efeitos de vibrações;
- c) Mudanças naturais na inclinação das encostas.

E como **causas intermediárias**:

- a) Elevação do nível piezométrico em massas “homogêneas”;
- b) Elevação da coluna de água em discontinuidades;
- c) Rebaixamento rápido do lençol freático;
- d) Erosão subterrânea retrogressiva (“piping”);
- e) Diminuição do efeito de coesão aparente.

O estudo de estabilidade de maciços rochosos, dada a anisotropia de suas características de resistência, permeabilidade e deformabilidade, em muito maior grau



que em maciços terrosos, tem de levar em conta fatores (características) geológicos e geomecânicos associados (Guidicini & Nieble, 1976).

A consideração de tais fatores deve ser estendida ao estudo dos solos residuais jovens, designados pela Geologia como rochas alteradas. Estes, em face da ocorrência de estruturas reliquias da rocha de origem podem governar os movimentos de massa. Entre os fatores geológicos e geomecânicos significativos voltados para a compreensão do comportamento de massas rochosas, solos residuais jovens e detritos, pode-se relacionar:

- a) Ângulo de atrito e coesão;
- b) Influência de irregularidades no cisalhamento;
- c) Influência dos materiais de preenchimento no cisalhamento;
- d) Influência da interface solo-rocha no cisalhamento;
- e) Influência da água no cisalhamento;
- f) Compartimentação do maciço e sua importância;
- g) Rupturas preexistentes como indício de instabilidade;
- h) Falhas e horizontes preferenciais de alteração;
- i) Perfis de intemperismo na estabilidade;
- j) Efeito de macroestrutura em solos;
- k) Ângulo de repouso em materiais granulares;
- l) Redes de fluxo subterrâneo;
- m) Efeitos de alívio de tensão por erosão.

A abordagem geológico-geomorfológica-ambiental para a caracterização de movimentos de massa envolve uma investigação segundo Guidicini & Nieble (1976) baseada em:

- a) Trabalhos de campo;
- b) Estudo geológico regional;
- c) Foto interpretação;
- d) Mapeamento geológico da encosta;
- e) Trabalhos de subsuperfície;
- f) Descrição do movimento;



- g) Estudo da compartimentação do maciço;
- h) Emprego de diagramas de projeção esférica;
- i) Representação de cone de atrito;
- j) Caracterização geomecânica por meios expeditos;
- k) Estudos de condições de percolação de água subterrânea.

Certamente tal abordagem é incompleta nos dias de hoje, pois não inclui o monitoramento das condições ambientais (Mahler, 1997).

Destaque seja feito a descrição das características do movimento conforme apresentado por Penta (1963), também citado em Guidicini & Nieble (1976):

- a) **Características geométricas e morfológicas** - extensão do movimento, inclinação da superfície externa, profundidade atingida pelo fenômeno, direção de movimentação, volume, forma, aspecto exterior, forma de manifestação do abatimento, deformação plástica, colapso, assentamento, rebaixamento, (desprendimento);
- b) **Descrição das partes típicas** - raiz ou região de destaque, extensão de movimentação, base ou zona de deposição;
- c) **Natureza e estado do material envolvido** - material rochoso, maciço incoerente (maciço estratificado, xistoso, compacto, fraturado, desagregado), material coerente (argilas não saturadas, argilas endurecidas, argilas tixotrópicas, turfa), estado do material da massa movimentada (sólido, líquido, plástico, fragmentário);
- d) **Características estruturais** - homogeneidade ou heterogeneidade estrutural, presença e atitude de falhas, intercalações de baixa resistência mecânica, sistema de compartimentação (direção, mergulho, frequência, espaçamento, abertura e preenchimento de discontinuidades, rugosidade, encurvamento, ondulações);
- e) **Características mecânicas** - propriedades da rocha intacta entre discontinuidades, previsão de comportamento diferenciado diante das solicitações;
- f) **Mecanismos de movimentação** - início, desenvolvimento, evolução, duração, velocidade, discriminação de causa e agente, forma de atuação;



- g) **Superfície de movimentação** - presença ou ausência, natureza, continuidade, superfícies múltiplas, descontinuidades, vazios, inclinação, irregularidades, abaulamentos;
- h) **Comportamento no tempo** - periodicidade, frequência no mesmo local e sucessivo estágio de desenvolvimento;
- i) **Relações de mais movimentos** - coexistência, contemporaneidade, sucessão, distribuição, termos de passagem, densidade regional;
- j) **Consequências na área.**

Carvalho (1996) relaciona as principais informações que tem que ser levantadas para a caracterização dos movimentos de massa em maciços naturais, maciços artificiais e para processos erosivos:

Para **maciços naturais** as investigações devem procurar identificar:

- A forma, altura e inclinação dos taludes das encostas;
- A gênese do maciço;
- O tipo de rocha do substrato;
- A espessura, orientação, disposição e tipo de material das camadas ou horizontes presentes no perfil do solo;
- O tipo de orientação dos planos de fraqueza (xistosidade, fraturas, acamamentos, etc.);
- A presença de blocos e matações em superfície;
- A presença de solos micáceos ou argilosos expansivos, particularmente sensíveis à desagregação superficial;
- A presença de depósitos elevados e/ou inclinados de argilas orgânicas possivelmente sensíveis;
- A declividade longitudinal de drenagens;
- A presença de depósitos aluvionares ou coluvionares nos trechos superiores de drenagens de elevada declividade;
- A forma e dimensão de bacias hidrográficas serranas;
- A hidrogeologia dos maciços (posição do lençol freático, existência de lençóis suspensos, pontos de surgência d'água, etc.);



- A altura e inclinação de cortes;
- A existência de fossas, pontos de lançamento de águas servidas em superfície e vazamentos em redes de abastecimento de água;
- A presença de lixo depositado em taludes.

Para **escorregamentos em maciços artificiais** Carvalho (1996) relaciona as seguintes características:

- Tipo de maciço (aterro, aterro sanitário ou depósitos artificiais de encostas);
- Altura e inclinação dos taludes;
- Possibilidade de ocorrência de acúmulo de fluidos no interior do maciço;
- Tipos de materiais presentes (solo, fragmentos de rocha, entulho ou lixo);
- Obstrução das linhas de drenagem naturais;
- Existência de saias de aterro mal compactadas;
- Existência de solos argilosos moles em várzeas ou mangues junto à base do maciço;
- Existência de cortes ou erosão por ravinamento nos taludes.

Para os **processos erosivos**, que atingem tanto os maciços naturais quanto os artificiais, Carvalho (1996) descreve as seguintes características como mais relevantes:

- O tipo de maciço (natural ou artificial);
- A gênese do maciço, se este for natural (sedimentar, coluvionar ou residual);
- A caracterização táctil-visual dos solos encontrados no setor;
- A erodibilidade dos solos superficiais;
- A presença no perfil de camadas com grandes contrastes de permeabilidade;
- A inclinação e comprimento dos trechos inclinados;
- O tipo de cobertura vegetal, quando existente;
- A existência de pontos de estrangulamento de cursos d'água;
- A forma e desenvolvimento em planta de cursos d'água (trechos retilíneos ou curvos);
- A existência de descargas concentradas de sistemas de drenagem de águas pluviais e de coleta de esgotos;



- A forma e a profundidade das ravinas;
- A existência de escoamento permanente no fundo de ravinas erosivas

5.2 Abordagem Geotécnica dos Movimentos em Encosta

5.2.1 Comportamento de solos e encostas naturais

Importantes características do comportamento da maioria dos solos naturais e das rochas brandas podem ser descritas utilizando-se os conceitos de escoamento e estado crítico. Isto foi demonstrado para solos estruturados saturados, desde argilas moles até rochas brandas (Leroueil and Vaughan, 1990), para solos não saturados (Alonso et al, 1987 e 1990), em um caso particular de “loess” (Maâtouket al, 1995), todos citados em Leroueil et al (1996). Também devem ser destacados, no estudo de solo não saturados, os trabalhos de Fredlund et al (1978), Fredlund & Rahardjo (1993); Fredlund (1995).

No diagrama de tensões apresentado na figura 21, a curva Y de escoamento de um solo saturado delimita uma área na qual as deformações são na maioria recuperáveis (comportamento preponderantemente elástico). Ao longo da curva BCD, abaixo da envoltória de resistência num solo normalmente adensado ou da linha de estado crítico (CSL na figura 21), se desenvolvem deformações plásticas, principalmente volumétricas. Ao longo de AB, ocorre a ruptura. De fato, dentro da curva de escoamento, o solo é influenciado pelo tempo ou pela taxa de deformação, e tão perto o estado de tensões esteja da curva de escoamento, maior será a taxa de deformação por “creep”. As deformações acumuladas por “creep” com o tempo resultam em aparente deslocamento da curva de escoamento, e em particular, numa redução da envoltória da resistência de pico para o solo sobre adensado (Tavernas et al, 1978; citado em Lehoueil et al, 1996).

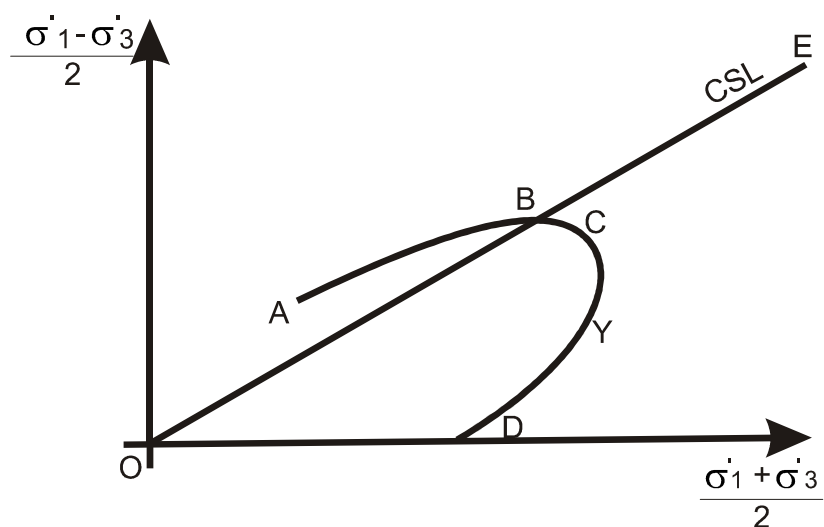
5.2.2 Comportamento de rochas e encostas naturais

Em encostas rochosas, as tensões cisalhantes são frequentemente menores que a resistência ao cisalhamento em rochas intactas, e o comportamento da encosta é analisado principalmente de acordo com a natureza das descontinuidades. Esta análise inclui fatores como o tipo de rocha, a orientação e rugosidade das juntas e a natureza do

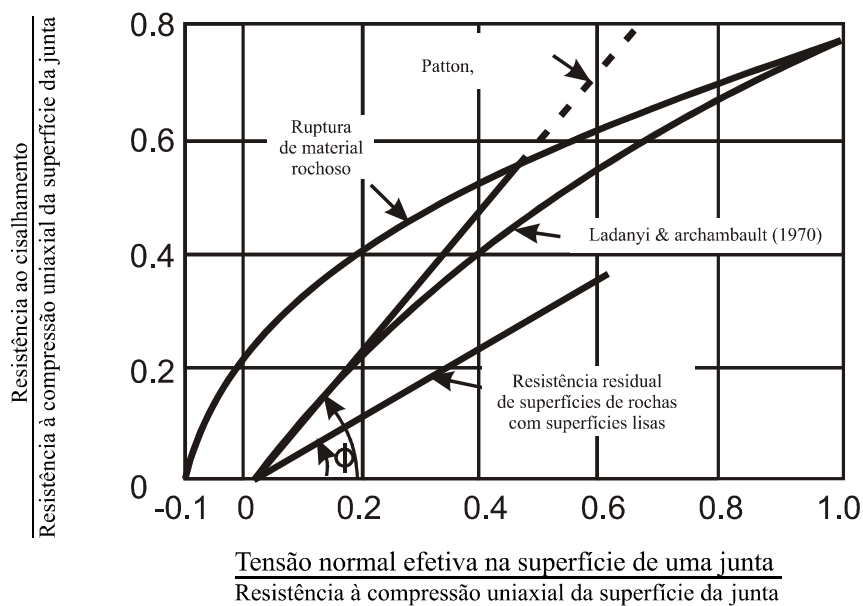


material de preenchimento, caso este exista. Vários critérios de ruptura têm sido propostos para massas de rocha, levando em conta o papel das descontinuidades (figura 21). Os trabalhos de Patton (1966) e Landanyi & Archabault (1970, 1972) são mencionados em Leroueil et al (1996), entretanto este autor conclui que, em muitos casos, é difícil determinar os parâmetros relevantes para o critério de ruptura.

A despeito das complexidades acima mencionadas, as massas de rocha respondem às mudanças de tensões de maneira similar à que tem sido apresentada para solos. Os parâmetros geotécnicos são influenciados por processos de intemperismo que modificam tanto a coesão quanto o atrito, da mesma maneira que a natureza das descontinuidades, material de preenchimento e, eventualmente, o regime global da água. O alívio de tensões em maciços rochosos também induz, em longo prazo, a geração de novas descontinuidades que sucessivamente modificam a resposta da massa de rocha às mudanças de estado de tensões.



(a) Solos e rochas brandas



(b) Rochas duras

Figura 21 - Comportamento mecânico esquemático: a) de solos (principalmente os argilosos) e rochas brandas; b) de rochas (apud Hoek&Bray, 1981 em Leroueil et al, 1996).

5.2.3 Elementos para uma caracterização geotécnica de movimentos em encostas

Conforme representado na figura 22 podem ser considerados quatro diferentes estágios dos movimentos em encosta:

- O **estágio pré-ruptura**, quando o solo está essencialmente pré-consolidado e intacto;
- O **início da ruptura** caracterizado pela formação de uma faixa ou superfície contínua de material cisalhado dentro da massa de solo;
- O estágio de **pós-ruptura** inclui o movimento da massa de solo envolvida no escorregamento, inicia-se logo após a ruptura até quando esta essencialmente termina;
- **Estágio de reativação**, quando a massa de solo desliza sobre uma ou mais superfícies de ruptura pré-existentes; esta reativação pode ser ocasional ou contínua com variações sazonais de velocidade de movimentação.

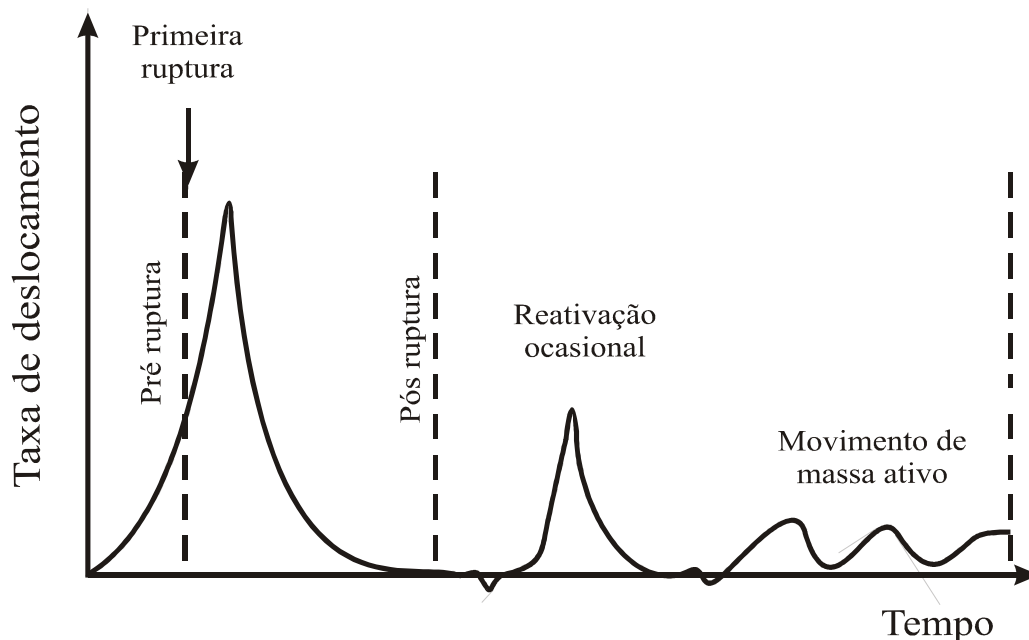


Figura 22 - Diferentes estágios de movimentos de massa em encostas (apud Leroueil et al, 1996).



Leroueil et al (1996) afirmam que estes quatro estágios, com algumas modificações dependendo do tipo de movimento, podem ser aplicados a massas de rocha. Cada um destes quatro estágios envolve mecanismos, leis de controle e parâmetros muito diferentes uns dos outros. Vaunat et al (1994), citado por Leroueil et al (1996), concluem que é necessário separar estes quatro estágios para compreender, analisar e caracterizar os movimentos das encostas.

As classificações detalhadas de Varnes (1978) e Hutchinson (1988) propuseram dispor os movimentos em encostas numa matriz bidimensional tendo como eixos, o tipo de material envolvido e o tipo de movimento. Estas classificações que representam bem, em termos geomorfológicos, os movimentos de massa, obviamente têm de ser incluídas numa caracterização geotécnica. Vaunat et al (1994) sugerem a adição à classificação geomorfológica de mais um eixo contendo os quatro estágios do movimento. Neste mesmo trabalho os autores apresentam uma classificação dos materiais envolvidos nos movimentos de massa. Esta classificação levou em conta a mineralogia, distribuição granulométrica, grau de saturação, etc.; conforme apresentado na figura 23.

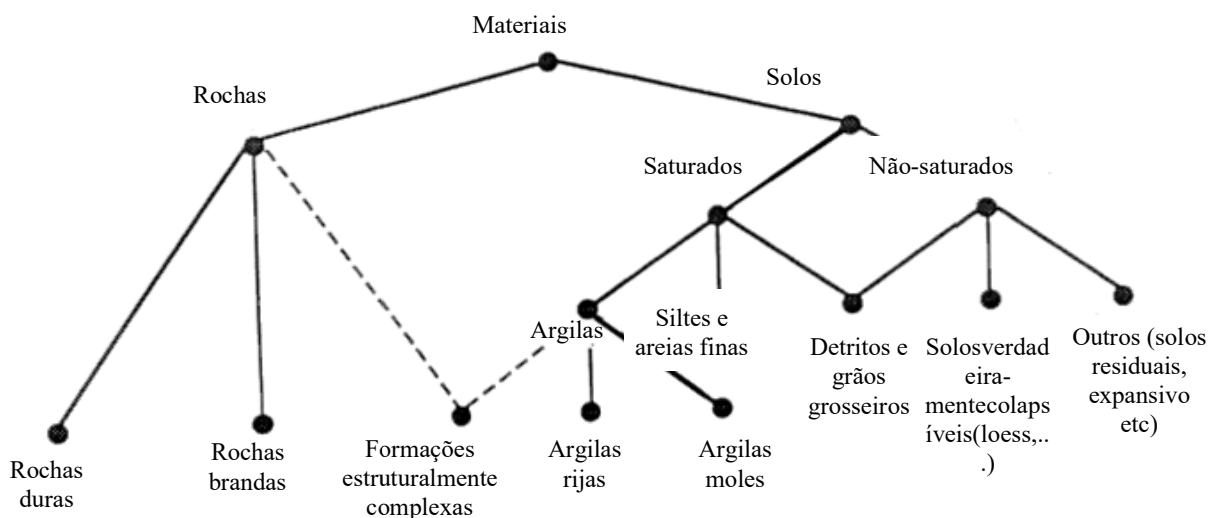


Figura 23 - Tipos de materiais considerados na classificação de Vaunat et al, 1994, modificado (apud Leroueil et al, 1996).

Na relação de tipos de materiais considerado na classificação proposta por Vaunat et al entre os solos não saturados não podem ficar esquecidos os solos com



características expansivas. Consideremos que estes solos estão agrupados na categoria “outros”.

Para cada elemento relevante da matriz de caracterização e de acordo com a metodologia proposta por Vaunat et al (1992), citado em Leroueil et al (1996), para análise de risco, deve-se investigar:

- As leis de controle e os parâmetros;
- Os fatores de pré-disposição;
- Os fatores deflagradores e agravantes;
- Os fatores reveladores;
- As consequências do movimento.

Uma característica extremamente importante dos movimentos de massa (incluída na lista acima no tópico de consequências) é a velocidade dos movimentos, que pode ser descrita pela escala apresentada na figura 24.

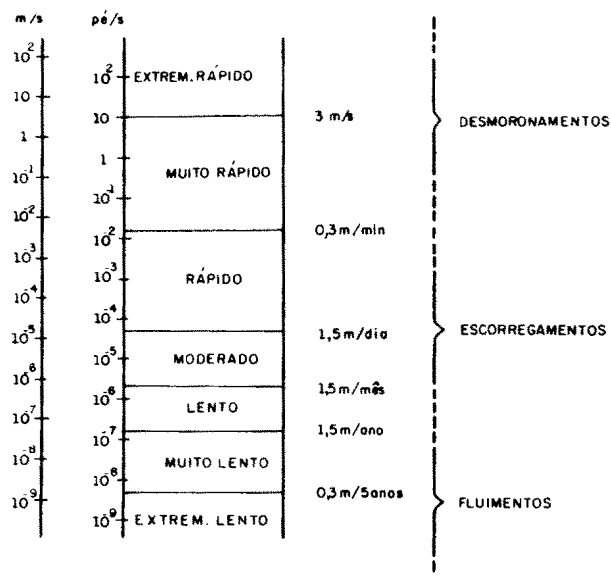


Figura 24 - Escala de velocidades para a caracterização dos movimentos de massa segundo Varnes (1978) (apud Leroueil et al, 1996).

5.2.4 Movimentos pré-ruptura

O estado de tensões em uma encosta estável situa-se no ponto D do gráfico da figura 25 dentro da curva de escoamento de um material considerado, no domínio pré-



consolidado. Conforme indicado anteriormente o solo geralmente tem comportamento de material viscoso e escoamento sob tensões efetivas constantes. Este comportamento detectado em argilas parece ser aplicável à maioria dos materiais geotécnicos, incluindo rochas (Leroueil et al, 1996).

Uma importante característica de movimentos pré-ruptura é que estes se desenvolvem na massa de solo como um todo e não somente numa banda de material cisalhado.

Leroueil et al (1996) cita a observação deste comportamento em várias encostas argilosas do Canadá e Suécia. Também podem ser considerados movimentos de pré-ruptura o “creep” em rochas, abatimentos (“sagging”) gravitacionais.

5.2.5 Ruptura

Segundo Leroueil et al (1996) a ruptura geral de uma encosta, mesmo em solos homogêneos, resulta da combinação de vários processos. Primeiramente se desenvolve uma ruptura local quando o estado de tensões E ou H_w , atinge a envoltória de resistência correspondente à idade da encosta ou a taxa existente de deformação. Em seguida, em face do comportamento flexível das deformações da maioria dos solos pré-adensados naturais, o estado de tensões localizado dirige-se para a linha de estado crítico do solo e, possivelmente, para a envoltória de resistências residuais, caso exista localização e deslocamento relativo. Associados a este processo de redução local das tensões cisalhantes, a ruptura progressiva se desenvolve na massa de solo. Este processo pode permanecer limitado no caso de rupturas confinadas ou pode-se estender ao longo de uma zona cisalhada através de toda a massa de solo e provocar uma ruptura generalizada.

Leroueil et al (1996) citam um trabalho em parceria com Tavernas (1981) que chegou a conclusão que para argilas intactas os parâmetros de resistência mobilizada no primeiro instante de ruptura podem ser caracterizados pelo ângulo de atrito correspondente ao estado crítico, e por uma coesão empírica.

Leroueil et al (1996) concluem que a ruptura é o resultado de um processo complexo, e a seleção de parâmetros “in situ” representativos é geralmente difícil.



A experiência tem mostrado que, para a maioria dos solos, a estabilidade pode ser estimada com base no critério de Mohr-Coulomb expresso em termos de tensões efetivas, segundo exibido na figura 25. Conforme anteriormente indicado, a coesão e o ângulo de atrito considerados na análise de estabilidade podem ser deduzidos de análises detalhadas do comportamento mecânico do solo ou da rocha. A experiência local também é extremamente importante.

Uma vez que a ruptura é o último estágio de movimentos pré-ruptura; assim, seria bastante útil se estes movimentos pudessem ser utilizados na previsão do tempo de ruptura. Muitos métodos, a maioria destes por extrapolação, têm sido propostos com este objetivo (Saito, 1980; Azimiet al, 1988; Voight, 1980; todos citados em Leroueil et al, 1996). Entretanto estes autores afirmam que os métodos de previsão do tempo de ruptura não são muito acurados e, adicionalmente, não podem ser empregados em casos de movimentos de massa repentinos.

Lefebvre (1981) observou com base em ensaios de laboratório que a ruptura ocorre numa deformação definida. Entretanto, para se acompanhar esta abordagem requer-se o conhecimento da origem das deformações, o que constitui um dado de difícil obtenção, exceto para o caso de escavações.

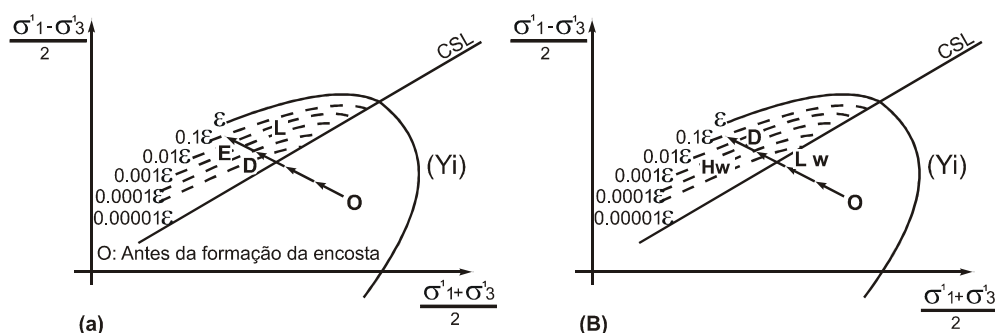


Figura 25 - Gráficos de “creep” e estados de tensões efetivas em encostas naturais. (a) caminho de tensões DL para carregamentos na crista e DE para erosão; (b) caminho de tensões DHw e DLw para a flutuação do nível d’água (Leroueil et al, 1996).



5.2.6 Movimentos pós-ruptura

No momento da ruptura, ou imediatamente após esta, existe um equilíbrio entre as forças resistentes, caracterizadas pela média da resistência ao cisalhamento, e as forças instabilizantes, associadas à geometria do talude. A geometria também define a energia potencial, EP, que se torna disponível no momento da ruptura. À medida que os movimentos pós-ruptura avançam, a energia potencial é progressivamente dissipada em muitos componentes. Primeiramente, existe a energia friccional (atrito, EF), necessária para mover a massa por sobre a superfície de ruptura. Esta energia pode variar com a amplitude do movimento, conforme apresentado na figura 26. A parte remanescente da energia potencial é dissipada através do colapso e do revolvimento do material em movimento (ED), e acelerado até certa velocidade (Energia cinética, EK).

No caso de materiais perfeitamente elasto-plásticos ou dúcteis, toda a energia potencial disponível é dissipada por atrito e os movimentos da mesma forma que suas velocidades são baixas. Por outro lado, se o material exhibe um comportamento de deformações flexíveis, a energia cinética pode alcançar proporções catastróficas, podendo a trajetória do movimento alcançar longas distâncias. Este é o caso particular quando a resistência do material a grandes deformações é tão pequena que se desenvolvem escorregamentos por escoamento ou avalanches de fragmentos de rocha.

A energia e seus três principais componentes parecem ser a chave para a análise dos movimentos pós-ruptura e para a caracterização geotécnica, segundo Leroueil et al, 1996. Segundo estes autores a energia potencial (EP) é facilmente determinada pela geometria da encosta. Já a energia friccional (atrito, EF), depende inteiramente do comportamento tensão-deformação ou tensão-deslocamento do solo. Na prática, entretanto, não é tão fácil estimar a energia friccional porque ela pode ser dissipada ao longo de uma superfície de cisalhamento bem definida, numa banda cisalhada ou em grande parte da massa de solo em movimento.

A energia de desagregação ou revolvimento (ED) tem importantes consequências nos movimentos pós-ruptura em materiais estruturados. Entretanto, segundo Leroueil et al (1996) a documentação sobre este assunto é, ainda, muito pobre.

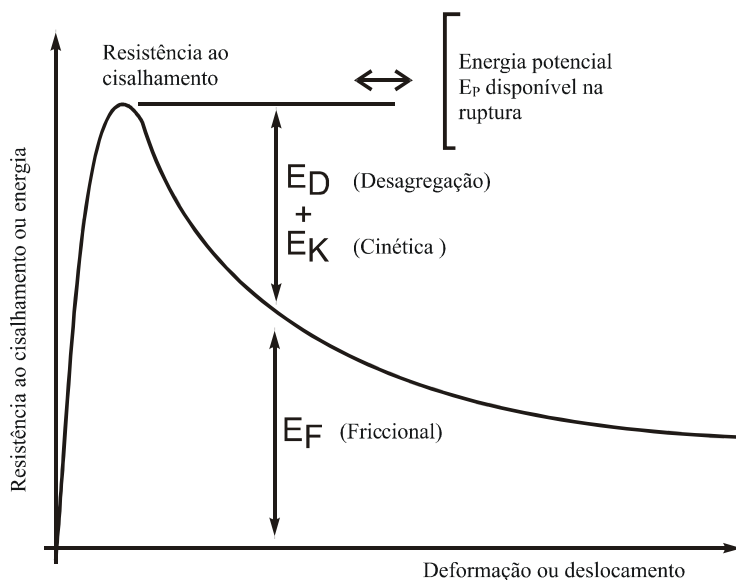


Figura 26 - Redistribuição da energia potencial depois da ruptura (apud D’Elia et al, 1996; citado em Leroueil et al, 1996).

5.2.7 Reativação de movimentos

A reativação de movimentos pode ocorrer quando a ruptura inicial se localiza ao longo de uma dentre várias superfícies cisalhadas e as partículas do solo têm a forma de placas o que permite que estas se reorientem. Tais condições são satisfeitas em particular em argilas plásticas rígidas e em folhelhos argilosos.

À medida que o movimento é localizado, sua cinemática corresponde geralmente ao deslizamento de blocos rígidos sobre bases rígidas.

A resistência residual ao cisalhamento (τ_{fr}) é utilizada na análise de estabilidade de movimentos reativados:

$$\tau_{fr} = \sigma_n' \text{tg} \phi_r \quad [2.1]$$

, onde:

σ_n' é a tensão efetiva normal;

ϕ_r é o ângulo de atrito residual.



À medida que a resistência residual representa um limite inferior, o solo não apresenta nenhum amaciamento das deformações, e as velocidades de deslocamento ou deslizamento permanecem geralmente pequenas.

Devido à natureza viscosa dos solos (Bracegirdle et al, 1992; Leroueil & Soares, 1996; ambos citados por Leroueil et al, 1996), a taxa de movimento (v) aumenta progressivamente quando as tensões cisalhantes se aproximam da resistência ao cisalhamento do solo. Entretanto, o arranjo das partículas do solo não se altera após grandes deslocamentos. A velocidade não é influenciada pela soma dos deslocamentos ou pelo tempo. Ao contrário do que ocorre em movimentos pré-ruptura, a história do movimento não é importante, e existem correlações diretas entre fatores tais como o nível do lençol d'água e a velocidade do movimento. A reativação de movimentos depende essencialmente do nível em que se encontram as tensões cisalhantes aplicadas. Vulliet (1986), que reviu a literatura sobre este tópico, sugeriu que v poderia ser expressa da seguinte forma:

$$v = F(\sigma'_n, \tau). \tau [2.2]$$

, onde:

F é uma função da tensão normal efetiva, σ'_n e τ a tensão cisalhante aplicada. Esta função pode apresentar diversas formas, uma delas pode ser a lei da energia:

$$F = A \frac{\tau^{n-1}}{(\sigma'_n \tan \phi' r)^n} [2.3]$$

A não linearidade de v com τ é confirmada por observações de campo.

Na figura 27 Leroueil et al (1996) apresentam um exemplo de ficha de caracterização geotécnica para reativação de movimentos em argilas rijas e folhelhos argilosos.

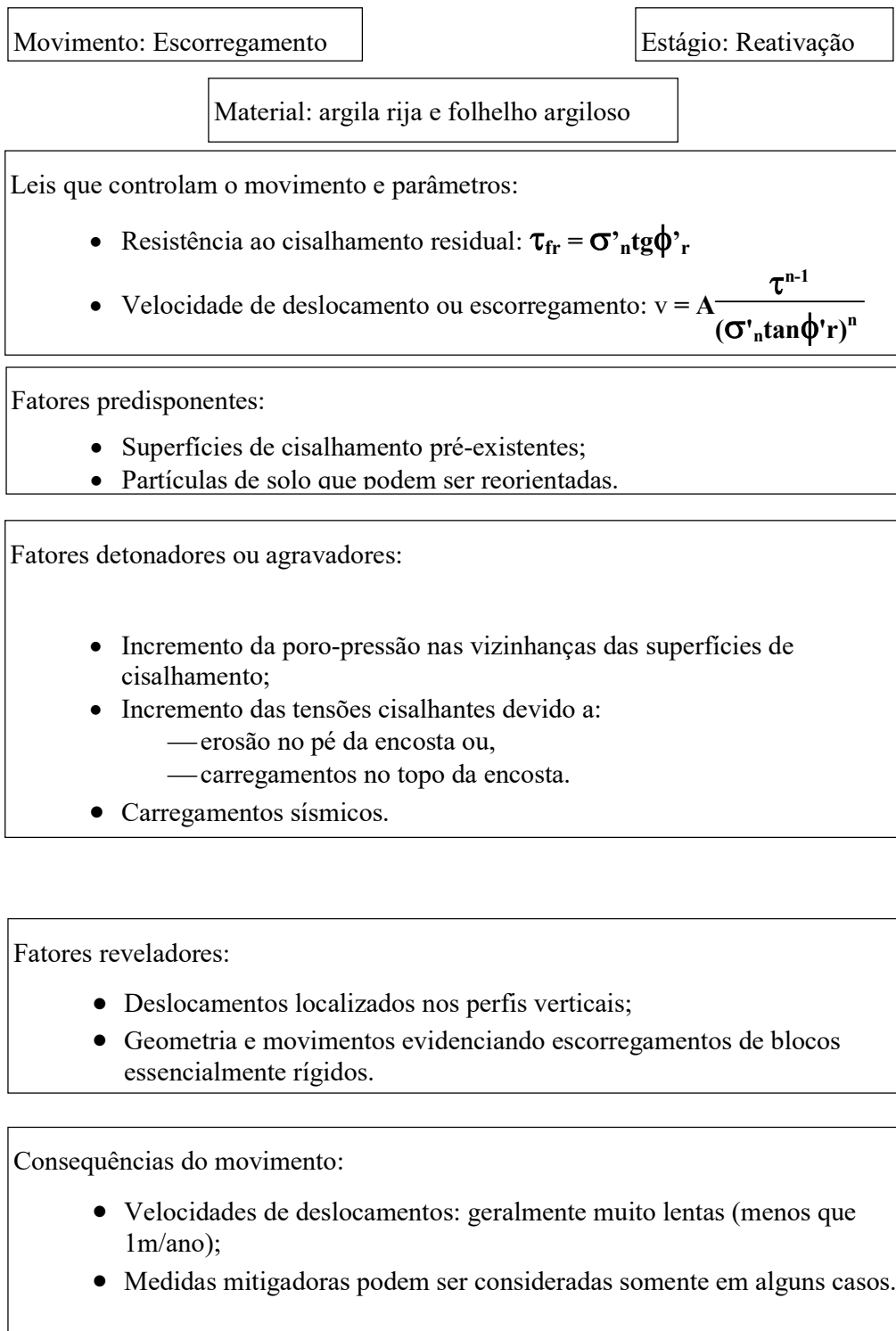


Figura 27 - Ficha de caracterização geotécnica de movimentos em encostas para escorregamentos reativados em argilas rijas e folhelhos argilosos (Leroueil et al, 1996).



6 Gerenciamento de Risco

Em 1989 a Organização das Nações Unidas, através da resolução 44/236 durante a 44ª sessão, designou a década de 90 do século passado, a Década Internacional de Redução de Desastres Naturais, que teve como principais intenções o melhoramento da capacidade dos países de gerenciar questões técnicas, sociais e econômicas, a promoção e divulgação de programas de cooperação científica e social com relação aos desastres naturais visando, sobretudo, estancar a atitude fatalista dos governos e da própria sociedade diante dos desastres naturais. O Brasil formalizou o engajamento neste programa em 1992, criando o Comitê Nacional de Desastres Naturais, (CONDENAT), e no fim deste mesmo ano com a conclusão do anteprojeto de lei propondo a Política Nacional de Defesa Civil.

Em 2005, 168 governos aprovaram um plano decenal para tornar o mundo mais seguro diante dos perigos naturais na 2ª Conferência Mundial sobre a Redução de Desastres, em Kobe, Hyogo (no Japão) como parte da Estratégia Internacional de Prevenção de Desastres. O Marco de Ação de Hyogo (MAH) para 2005-2015 estabeleceu 5 (cinco) metas a serem alcançadas visando aumento da resiliência das nações e das comunidades diante dos desastres, onde se oferecem princípios para orientação, elementos prioritários para a ação e meios práticos para que as comunidades vulneráveis se tornem resilientes diante dos desastres:

- **Construção de capacidade institucional** - Garantir que a redução de desastres seja uma prioridade nacional e local com sólida base institucional para a sua implantação;
- **Conhecimento dos próprios riscos** - Identificar, avaliar e monitorar as áreas de risco de desastre, e melhorar o sistema de alerta à população;
- **Construção do conhecimento e sensibilização** - Utilizar o conhecimento, a educação e a inovação para construir uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis;



- **Redução dos riscos** - Reduzir os fatores ao risco subjacentes por meio de planejamento do uso e ocupação do solo e de medidas ambientais, sociais e econômicas;
- **Estar preparado e pronto para agir**-Fortalecer a preparação em desastres para uma pronta resposta em todos os níveis.

O objetivo principal do Marco de Hyogo foi reduzir consideravelmente até 2015 as perdas de vidas e ativos sociais, econômicos e ambientais das comunidades e dos países (**EIRD/ONU, 2007**).

A 3ª-Conferencia Mundial sobre Redução de Risco de Desastres, realizada de 14-18 de março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão, buscou:

(a) Adotar um marco pós-2015 para a redução do risco de desastres conciso, focado e orientado para o futuro e para a ação;

(b) Completar a avaliação e revisão da implementação do Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Construindo a resiliência das nações e comunidades frente aos desastres;

(c) Considerar a experiência adquirida com estratégias/instituições e planos regionais e nacionais para a redução do risco de desastres e suas recomendações, bem como acordos regionais relevantes no âmbito da implementação do Marco de Ação de Hyogo;

(d) Identificar modalidades de cooperação com base nos compromissos para implementar um quadro pós-2015 para a redução do risco de desastres;

(e) Determinar modalidades para a revisão periódica da implementação de um quadro pós-2015 para a redução do risco de desastres.

De acordo com o relatório do Marco de Sendai, em 10 anos mais de 700mil pessoas perderam a vida, mais de 1,4 milhão de pessoas ficaram feridas e cerca de 23 milhões de pessoas ficaram desabrigadas em consequência de desastres. A perda



econômica foi de mais de US\$1,3 trilhões. Entre 2008 e 2012, 144 milhões de pessoas foram deslocadas por catástrofes (EIRD/ONU, 2015).

A Conferência também concluiu que os desastres, muitos dos quais são agravados por mudanças climáticas, se tornaram mais frequentes, mais intensos e restringem significativamente o **progresso para o desenvolvimento sustentável**. Evidências indicam que a exposição de pessoas e ativos em todos os países cresce mais rapidamente do que a redução da vulnerabilidade.

Assim, além de reduzir a exposição e a vulnerabilidade, evitando a criação de novos riscos de desastres, há necessidade de **criação de um sistema de responsabilização pela criação de riscos de desastres em todos os níveis**.

O relatório do Marco de Sendai ainda enfatiza que ações mais dedicadas tem que ser contratadas no combate a fatores subjacentes de risco de desastres, como por exemplo, as consequências da **pobreza e da desigualdade, mudanças e variabilidade climática, urbanização rápida e não planejada, má gestão do solo e fatores como a mudança demográfica, arranjos institucionais fracos, políticas não informadas sobre riscos, falta de regulamentação e incentivos para o investimento privado na redução do risco de desastres, cadeias de suprimentos complexas, limitada disponibilidade de tecnologia, usos insustentáveis de recursos naturais, ecossistemas em declínio, pandemias e epidemias** (EIRD/ONU, 2015).

O Marco de Sendai tem como objetivo alcançar o seguinte resultado ao longo dos próximos 15 anos:

Redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países.

E, portanto, para atingir o resultado esperado, o seguinte objetivo deve ser buscado:

Prevenir novos riscos e reduzir o risco de desastres existente, implementando medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais,



ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas que previnam e reduzam a exposição a perigos e a vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação, e, assim, aumentar a resiliência.

O documento ainda menciona que para apoiar a avaliação do progresso global em atingir o resultado e o objetivo deste quadro, sete metas globais foram acordadas. Essas metas serão medidas no nível global e serão complementadas por trabalho para desenvolver indicadores apropriados.

As metas e os indicadores nacionais irão contribuir para a realização do resultado e do objetivo deste quadro.

As sete metas globais são:

(a) Reduzir substancialmente a mortalidade global por desastres até 2030, com o objetivo de reduzir a média de mortalidade global por 100.000 habitantes entre 2020-2030, em comparação com 2005-2015.

(b) Reduzir substancialmente o número de pessoas afetadas em todo o mundo até 2030, com o objetivo de reduzir a média global por 100.000 habitantes entre 2020-2030, em comparação com 2005-2015.

(c) Reduzir as perdas econômicas diretas por desastres em relação ao produto interno bruto (PIB) global até 2030.

(d) Reduzir substancialmente os danos causados por desastres em infraestrutura básica e a interrupção de serviços básicos, como unidades de saúde e educação, inclusive por meio do aumento de sua resiliência até 2030.

(e) Aumentar substancialmente o número de países com estratégias nacionais e locais de redução do risco de desastres até 2020.

(f) Intensificar substancialmente a cooperação internacional com os países em desenvolvimento por meio de apoio adequado e sustentável para complementar suas ações nacionais para a implementação deste quadro até 2030.



(g) Aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce para vários perigos e as informações e avaliações sobre o risco de desastres para o povo até 2030.

O Marco de Sendai estabeleceu, ainda, que para alcançar o resultado e o objetivo esperados, há necessidade de uma ação focada nos âmbitos intra e intersetorial, promovida pelos Estados nos níveis local, nacional, regional e global, nas quatro áreas prioritárias a seguir:

- 1. Compreensão do risco de desastres.**
- 2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres;**
- 3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência;**
- 4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de Reconstruir Melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução.**

O Gerenciamento de Risco consiste numa abordagem integrada e visa à tomada de decisões por medidas estruturais e não estruturais para previsão, proteção e prevenção de riscos.

O conhecimento das áreas de Risco Alto e Muito Alto, generalizadas como áreas de Risco, o conhecimento da tipologia dos movimentos de massa e da caracterização destes, é parte do diagnóstico que compõe uma Avaliação de Risco, portanto há necessidade de dar seguimento na abordagem da Gestão do Risco, através da tomada de decisão por medidas estruturais e não estruturais que venham a, senão reduzir, pelo menos manter em níveis aceitáveis o risco.

O ciclo de Gestão do Risco envolve uma sequência de ações conforme ilustrado na figura 28.

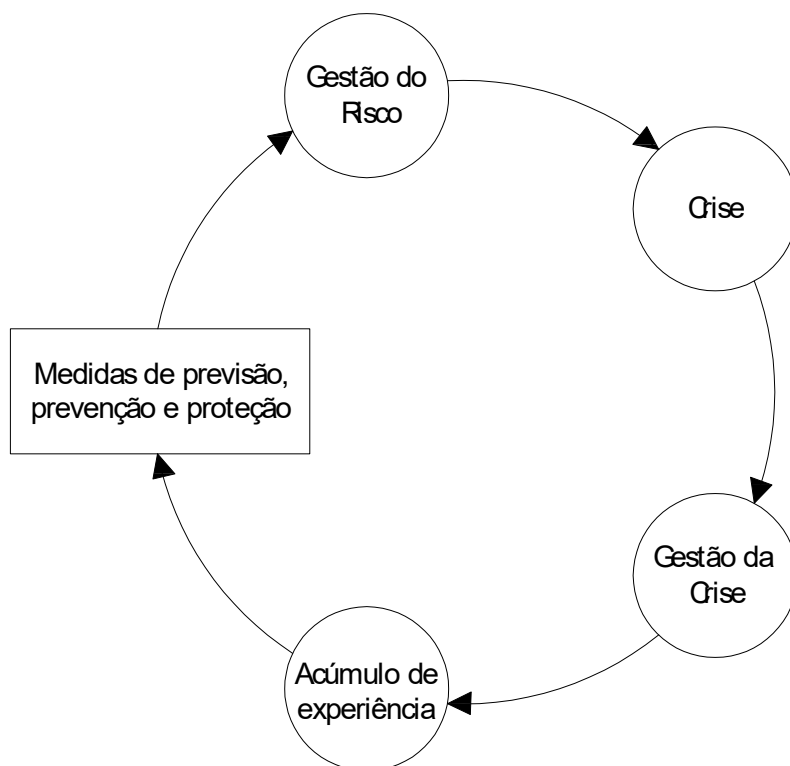


Figura 28 -Ciclo de Gestão do Risco (adaptado de Veyret, 2007).

Nesta abordagem a gestão da crise engloba o planejamento através da definição dos Planos de Contingência.

O Gerenciamento do Risco, em princípio, demanda coordenar a atuação de diversos atores envolvidos.

- **Políticos do executivo-** são os principais tomadores de decisão, ou seja, escolhem as medidas a serem empreendidas. Na esfera municipal, esta tarefa é de competência do Prefeito e seus secretários, já os políticos do legislativo são responsáveis pela ampla discussão e aprovação de leis de sua própria propositura ou de projetos de lei enviados pelo executivo, além de fiscalizar o cumprimento das mesmas;
- **Cientistas e técnicos-** definem com base em critérios racionais as áreas de risco e propõe as medidas de previsão, proteção e prevenção, ou seja, subsidiam as decisões políticas sem, todavia, ocupar o lugar dos próprios



políticos. Esta tarefa é exercida pelos técnicos de carreira da PMP, alocados em diversas secretarias, assessorados por empresas de consultoria, Universidades e Centros de Pesquisa;

- **Juristas** - redigem e dão forma de lei às proposições de legislação necessárias ao empreendimento, principalmente, das ações não estruturais. Na PMP, é tarefa dos assessores jurídicos e da Procuradoria do município.
- **Administradores públicos**- são executivos de carreira ou cargos comissionados que aplicam as leis e colocam em prática os planos, contratam e fiscalizam as obras projetadas, executam os planos de contingência, etc. Na estrutura municipal esta tarefa cabe às Secretarias de Obras e à Defesa Civil.
- **Planejadores** - têm a missão de diagnosticar a situação atual, avaliar suas consequências e propor mudanças na organização do território, através das leis de uso, parcelamento e ocupação do solo, código de obras, dentre outros instrumentos de regulação. No município cabe à Secretaria de Planejamento e Secretaria de Habitação esta tarefa;
- **Associações de classe** - CREA, CAU, ONGs, etc., têm um papel variável, podem assessorar todos os outros atores;
- **População envolvida** - tem papel fundamental na elaboração das políticas públicas desde que seja informada, reconheça e aceite o risco e esteja mobilizada;
- **Ministério Público** - possui importante papel de congregar a ação dos diversos Poderes Públicos buscando sua participação e estabelecendo competências;

Em muitos casos, uma das árduas tarefas da Gestão de Riscos é administrar conflitos e posições antagônicas (interesses) dos diversos atores citados.

A participação da população envolvida é deveras importante, entretanto, culturalmente, a população fica na expectativa de que o Poder Público faça a Gestão do



Risco e, geralmente, não participa do processo. Esta abdicação de participar da gestão do risco pode incorrer numa prática de dominação da população afetada pelos políticos que oferecem favores em troca de votos.

Por outro lado, a experiência tem mostrado que quando o Poder Público toma a decisão por esterilizar uma área por conta desta ter risco elevado, e desta forma, a área fica rotulada negativamente, conseqüentemente, surgem riscos econômicos, como a queda no valor dos imóveis. Este fato acaba levando a população a se mobilizar, muitas vezes apoiada pelos membros do legislativo, ONGs, etc. e questionar a atitude do Poder Público. Por esta razão a participação da população envolvida é fundamental para a elaboração da regulação para cada área de risco.

Decisões políticas transformadas em decisões operacionais para a gestão

Assim sendo, uma Gestão de Riscos aceitável deve ser apoiada em, pelo menos, 3 (três) elementos, segundo Veyret (2007):

- Separação entre operadores (técnicos, especialistas) e autoridades (políticos);
- Separação entre a Avaliação do Risco e sua gestão;
- Transparência da gestão e a participação efetiva do público.

O papel dos técnicos e especialistas envolvidos na Gestão de Risco é subsidiar a decisão política, entretanto, a estimativa da suscetibilidade de movimentos de massa (perigo), em face ao grande número de variáveis envolvidas possui uma incerteza associada. Assim, é natural que as incertezas científicas e técnicas permitam, na prática, uma margem de negociações impostas pela Gestão de Risco.

A modelagem adotada na metodologia para a elaboração do PMRR de Petrópolis permite uma especialização das áreas de risco bastante confiável, entretanto, prever a temporalidade da ocorrência de acidentes ainda é muito difícil.

Um dos pilares da Gestão do Risco é o **Princípio da Precaução**. Este constitui uma resposta à incerteza e aos riscos aplicados aos movimentos de massa. Basicamente



consiste em se precaver contra o risco decorrente de movimentos de massa, com consequências à população ou danos materiais, mediante intervenções estruturais no meio físico e não estruturais, segundo uma abordagem científica e técnica, além de politicamente conscienciosa.

Segundo Veyret (2007), o Princípio da Precaução aplica-se quando o conhecimento científico não permite eliminar a dúvida, a incerteza sobre as consequências de certas atividades nem avaliar de maneira precisa os riscos incorridos no estado atual de nossos conhecimentos.

O Gerenciamento de Risco depende de um bom desenvolvimento das etapas de Análise e Avaliação do Risco. Nestas etapas devem ser elaborados mapas de perigo e risco, produzindo-se um recorte espacial das áreas de risco alto e muito alto, identificando-se a população em risco, hierarquizando-se as áreas de risco, utilizando-se critérios predefinidos e categorizando-se as abordagens visando à redução de risco.

Estas informações são ilustradas em mapas de perigo e risco e plantas de detalhe para cada área de risco.

A cartografia empregada na Análise e Avaliação de Risco facilita a comunicação com os diversos atores e precisa ser apresentada e adaptada de forma a permitir, principalmente, às comunidades residentes nas áreas de risco, identificar suas moradias e as áreas (ameaças) que justificam a sua condição de risco.

Entretanto, é na fase de gestão de risco, a partir dos mapas de perigo e risco, que devem ser feitas as regulações para cada área de risco, com a participação de todos os atores envolvidos, principalmente, a comunidade envolvida tendo como objetivo gerar um zoneamento com definição de áreas que serão protegidas, melhorias de infraestrutura e habitacionais, regularização fundiária, recuperação de áreas degradadas ambientalmente e onde a ocupação deverá ser proibida.

A pactuação deste zoneamento com a comunidade afetada deverá ser lastreada por forte argumentação que estabeleça um consenso do que é melhor para a comunidade.



O sucesso desse zoneamento pressupõe que os inevitáveis efeitos perversos, sob a ótica de vários membros da comunidade, especialmente as perdas econômicas com a desvalorização dos imóveis e da terra sejam, de alguma forma, compensadas.

Outro aspecto que deve ser ressaltado e que, via de regra, os assentamentos precários instalados em áreas de risco natural (movimentos de massa) acabam também agregando riscos ambientais e sociais, tais como, o desmatamento, poluição de mananciais, adensamento, violência, etc. Portanto, o zoneamento e a regulação do uso da terra nestes locais acabam, também, refletindo positivamente na redução desses outros riscos.

Neste contexto não se pode eximir de correlacionar a pobreza com o risco, pois, a pobreza força as pessoas a viverem em terrenos mais baratos, geralmente, as porções médias e altas das encostas, sem comunicação com o sistema viário, onde o acesso é feito por escadarias e servidões. Estas áreas não são de interesse do mercado imobiliário formal; áreas de preservação permanente, ou ainda, em terras devolutas. Além disso, a pobreza domina o cotidiano das pessoas que, com poucos recursos, não têm consciência e nem atitude voltada para a preservação ambiental. Assim, a pobreza, em muitas situações, força o desflorestamento para atender às necessidades fundamentais de aquecimento e alimentação (fogões a lenha).

Outro efeito perverso da pobreza se faz notar na pouca percepção e consciência dos moradores de assentamentos precários nas cidades, pois, estas acabam sendo substituídas por preocupações advindas de outros riscos específicos, notadamente dos conflitos sociais ligados ao modo de vida urbano.

A pobreza como fator de risco pode ser expressa quantitativamente pela **vulnerabilidade social** que é o produto das desigualdades sociais e as desigualdades do lugar (níveis de urbanização, taxas de crescimento e vitalidade econômica, etc.), Cutter et al, 2003.

A vulnerabilidade, do ponto de vista físico, também corresponde à probabilidade de perda de vidas, expressa pelo produto da vulnerabilidade das construções, a vulnerabilidade espacial e a vulnerabilidade temporal.



A **vulnerabilidade das construções** envolve o conhecimento da interação entre um dado movimento de massa e os elementos afetados e expressa a probabilidade de um indivíduo morrer caso a construção aonde mora venha a ser atingida por um movimento de massa, pois, depende do nível de proteção oferecido pela construção quanto ao impacto de detritos, fragmentos de rocha ou lama.

A **vulnerabilidade espacial** expressa a probabilidade de um elemento em risco (moradia, utilidade, fábrica, comércio) serem atingidos por um movimento de massa, portanto, vai depender tanto da localização deste elemento em relação a área (situação de risco) quanto da densidade de ocupação da área passível de impacto.

A **vulnerabilidade temporal** é função do tempo de permanência (ou exposição) dos indivíduos nas moradias, fábricas, comércio, instalados na área de possível impacto.

A **vulnerabilidade social** pode ser expressa por um índice (IVS) obtido a partir de dados populacionais do Censo Demográfico (IBGE, 2010) espacializados nos setores como: idade; propriedade residencial; status socioeconômico e educação, Cardozo, 2014.

A vulnerabilidade social não deve estimar, exclusivamente, os danos potenciais aos bens e às pessoas e seus efeitos econômicos intrínsecos, mas também deve avaliar a sua capacidade de resposta às crises (resiliência).

Neste sentido, uma avaliação da vulnerabilidade social deve buscar ampliar as abordagens através de:

- Uma análise quantitativa: identificação dos elementos em risco e estimativa do percentual de perdas, caso ocorra um acidente;
- Abordagem semiquantitativa que integre simultaneamente os fatores de vulnerabilidade e os elementos vulneráveis levando a uma hierarquização espacial e social dos elementos expostos;
- Um trabalho qualitativo sobre os fatores de vulnerabilidade: crescimento demográfico e urbano acelerado; os modos de ocupação do solo; os fatores psicossociológicos; a história e a cultura das sociedades expostas; o habitat



e as obras de proteção ou defesa; as medidas de gestão da urgência e as engrenagens institucionais e político-administrativas dos sistemas de gestão dos riscos.

Enfim, o processo de segregação socioespacial reforça a vulnerabilidade.

Assim, uma avaliação de vulnerabilidade ampliada de um assentamento urbano em situação de risco, deverá compreender uma análise de múltiplas variáveis do meio físico e socioeconômico:

Meio físico:

- Localização em relação à área (situação de risco);
- Relação entre a área total de depósito e a área deste ocupada (vulnerabilidade espacial);
- Tempo médio de permanência dos indivíduos em suas moradias (vulnerabilidade temporal);
- Existência de proteção natural (matas, florestas, etc.);
- Existência de estruturas de proteção;

Socioeconômicas:

- Percepção e consciência do risco;
- Nível econômico da população;
- Faixa etária da população (% de idosos e crianças);
- Densidade populacional;
- Organização comunitária;
- Padrões de segurança das construções;
- Nível de urbanização e integração com o bairro/distrito;



- Disponibilidade de equipamentos públicos, igrejas, clubes e etc., para abrigo em situações de crise;
- Condições de acesso aos serviços de emergência;
- Participação em programas de educação para a prevenção e preparação para situações de crise.

O Gerenciamento de Risco reúne um conjunto de ações estruturais e não estruturais que devem atuar na redução do perigo; da vulnerabilidade e, quando viável, na redução dos elementos em risco, geralmente famílias em suas moradias.

Assim, as ações a serem empreendidas deverão focar medidas de previsão, proteção e prevenção para a redução e convivência com o risco.



Figura 29 - Gestão do Risco - medidas de previsão, proteção e prevenção para a redução e convivência com o risco.



6.1 Proteção

As ações de proteção são parte integrante do gerenciamento de risco e, portanto, das ações de prevenção, preparação, resposta às crises, redução de risco de desastres e reconstrução, e são coordenadas pelos órgãos de Defesa Civil nos três níveis do Executivo (União, Estado e Município).

O papel da Defesa Civil Municipal originalmente concentrado na preparação e resposta às crises, foi ampliado, institucionalmente e na prática, para realizar tarefas associadas à prevenção e à previsão de acidentes e desastres. Entretanto, sua função precípua continua sendo a de atuar nas etapas de preparação para emergências e desastres e respostas em situação de crise.



Figura 30 - Sequência de ações de Defesa Civil.

De acordo com Tominaga et al, 2009, a preparação para emergências e desastres objetiva otimizar as ações preventivas de resposta aos desastres e reconstrução através de projetos de:

- Desenvolvimento institucional;
- Treinamento de recursos humanos;
- Desenvolvimento científico e tecnológico;
- Estratégias de mudança cultural;
- Formulação de motivar e articular o empresariado;
- Organização da informação e realização de estudos epidemiológicos sobre acidentes e situações de risco;
- Monitoramento (meteorológico), alerta e alarme;
- Planejamento operacional e de contingência;
- Planejamento de proteção de populações contra risco de desastres;
- Aparentamento e apoio logístico.



A etapa de resposta ao desastre compreende coordenação das seguintes ações:

- Socorro às vítimas;
- Assistência às populações vitimadas através de atividade logística, assistências e de promoção da saúde;
- Reabilitação do cenário do desastre:
 - ✓ Atividades de avaliação de danos;
 - ✓ Vistoria e elaboração de relatórios técnicos;
 - ✓ Desobstrução e remoção de escombros;
 - ✓ Sepultamento, limpeza, descontaminação, desinfecção e desinfestação do ambiente;
 - ✓ Reabilitação de serviços essenciais;
 - ✓ Recuperação de unidades habitacionais de baixa renda.

Um dos principais instrumentos integrante do gerenciamento de risco que reúne as ações anteriormente elencadas é o **Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC)**. Este plano tem como objetivo principal subsidiar as equipes municipais, do Estado e da União nas situações de risco de modo a reduzir a possibilidade de perdas de vidas humanas. Estes planos eram concebidos para descrever as ações preventivas e, também, as medidas de proteção.

Estas ações são hoje tratadas pelos **Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PCPDC)** que estabelece os procedimentos a serem adotados pelos órgãos públicos, concessionárias de serviços públicos, e outras instituições privadas envolvidas direta ou indiretamente na prevenção, preparação e na resposta às emergências e desastres provocados por eventos naturais.

As principais finalidades dos PCPDC é estabelecer responsabilidades pelas ações a serem tomadas pelos órgãos envolvidos na resposta às emergências e desastres.



Um dos primeiros PPDC foi criado e aplicado no estado de São Paulo pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) a processos associados a escorregamentos (CERRI, 1993; MACEDO et al, 2006).

Os PPDC's definem níveis operacionais a partir do acompanhamento de 3 (três) parâmetros: o acumulado de chuvas (72horas); a previsão meteorológica e as vistorias de campo. É estruturado em quatro níveis: observação, atenção, alerta e alerta máximo, conforme apresentado no quadro a seguir:

Quadro 02 - Níveis operacionais do PPDC e suas ações correspondentes (Macedo *et. al.*, 2006).

Nível do Plano	Crítério de Entrada no Nível	Ações a Serem Executadas pelo Município	Ações a Serem Executadas pelo Apoio Técnico
Observação	Início da operação do plano.	-Conscientização da população das áreas de risco; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas; -Recebimento da previsão meteorológica; -Transmissão para o apoio técnico do dado pluviométrico e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Enviar previsões meteorológicas.
Atenção	Quando o acumulado de chuvas ultrapassar o valor de referência combinado com a previsão meteorológica.	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar ao apoio técnico sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo visando verificar a ocorrência de deslizamentos e feições de instabilização. Devem ser iniciadas pelas áreas de risco; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas; -Recebimento da previsão meteorológica; -Transmissão ao apoio técnico do dado pluviométrico e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Enviar previsões meteorológicas.
Alerta	Quando as vistorias de campo indicarem a existência de feições de instabilidade ou mesmo deslizamentos pontuais.	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar ao apoio técnico sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo; -Retirada da população das áreas de risco iminente; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas; -Recebimento da previsão meteorológica; -Transmissão ao apoio técnico do dado pluviométrico e nível vigente; -Agilizar os meios necessários para POSSÍVEL retirada da população das demais áreas de risco; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.	-Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Enviar previsões meteorológicas.
Alerta Máximo	Quando ocorrerem deslizamentos generalizados.	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar ao apoio técnico sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Proceder a retirada da população das áreas de risco e demais áreas necessárias; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas; -Recebimento da previsão meteorológica; -Transmissão ao apoio técnico do dado	-Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares;



De acordo com o Ministério da Integração Nacional, o Brasil começou a se estruturar em termos de Defesa Civil após as fortes chuvas que assolaram a região sudeste entre 1966 e 1967, provocando enchentes no antigo estado da Guanabara e municípios vizinhos do Estado do Rio de Janeiro e deslizamentos na Serra das Araras/RJ e Caraguatatuba/SP e da seca no nordeste. Após a formação de um grupo de trabalho, foi elaborado o Plano diretor de Defesa Civil do Estado da Guanabara que criou as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (CREDEC)(SEDEC, 2016).

No final da década de 60, foram instituídos no ministério do Interior, o Fundo Especial para Calamidades Públicas (FUNCAP) e o Grupo Especial para Assuntos de Calamidades Públicas (GEACAP), embrião do SEDEC, com a incumbência de prestar assistência e defesa permanente contra calamidades públicas (SEDEC, 2016).

A Defesa Civil projetada como instituição estratégica para a redução de riscos de desastres ocorreu em 1988 quando, através do decreto nº 97.274, foi organizado o Sistema Nacional de Defesa Civil (SINPDEC)(SEDEC, 2016).

O SINPDEC foi reorganizado em 1993 e atualizado por intermédio do Decreto Federal No. 5.376 de 17/02/2005, estando vinculado ao Ministério da Integração Nacional. Nesta nova estrutura do SINDEC, tem destaque a criação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) e Grupo de Apoio a Desastres.

Em razão da Resolução 44/36 das Nações Unidas (ONU), que estabelecia o ano de 1990 como início da década internacional de Redução de Desastres Naturais (DIRDN), o Brasil elaborou um Plano Nacional de Redução de Desastres para a década de 1990. Este plano ficou conhecido como Política Nacional de Defesa Civil (PNDC), estruturado em 4 (quatro) pilares: Prevenção, Preparação, Resposta e Reconstrução.

Em 1990 foi realizada a 1ª Conferência Nacional de Defesa Civil e Assistência Humanitária.



A Lei Federal No. 12.340 de 01/12/2010 definiu as atribuições da Defesa Civil:

"Conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e reestabelecer a normalidade social."

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) foi criado pela lei Nº 12.608 de 10 de abril de 2012, cuja Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), parte integrante do Ministério da Integração Nacional, é o órgão central responsável por planejar, articular e coordenar as ações de Proteção e Defesa Civil em todo o território nacional, juntamente com o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), estrutura consultiva que propõe diretrizes para a Política Nacional de Defesa Civil. O organograma do SINPDEC está apresentado na figura 31.

Esta mesma lei instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, estabeleceu a competência dos entes federados nas ações de prevenção e remediação em sua referida jurisdição, além de:

- Criar um cadastro nacional de municípios com risco de desastres naturais;
- Obrigar prefeituras a fazerem **mapeamento das áreas de risco** e incluírem estas no **Plano Diretor Municipal**;
- Obrigar municípios a elaborar o Plano de Contingência, determinando quais são os procedimentos a serem adotados, no caso de catástrofes;
- Vedar a concessão de alvará para novas construções em áreas de risco, sob pena do gestor ser processado por improbidade;
- Obrigar o ensino de prevenção e desastres nas escolas;
- Criar o serviço militar alternativo na área de Defesa Civil.

A Configuração do CONPDEC é a que consta no Decreto n. 7.257, de 10 de dezembro de 2010, e está descrita a seguir:

- Ministério da Integração Nacional, que o coordena;



- Casa Civil da Presidência da República;
- Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República;
- Ministério da Defesa; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão;
- Ministério das Cidades;
- Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome;
- Ministério da Saúde; Secretaria de Relações Institucionais da Presidência da República;
- Estados e Distrito Federal (dois representantes);
- Municípios (três representantes);
- Sociedade Civil (três representantes).

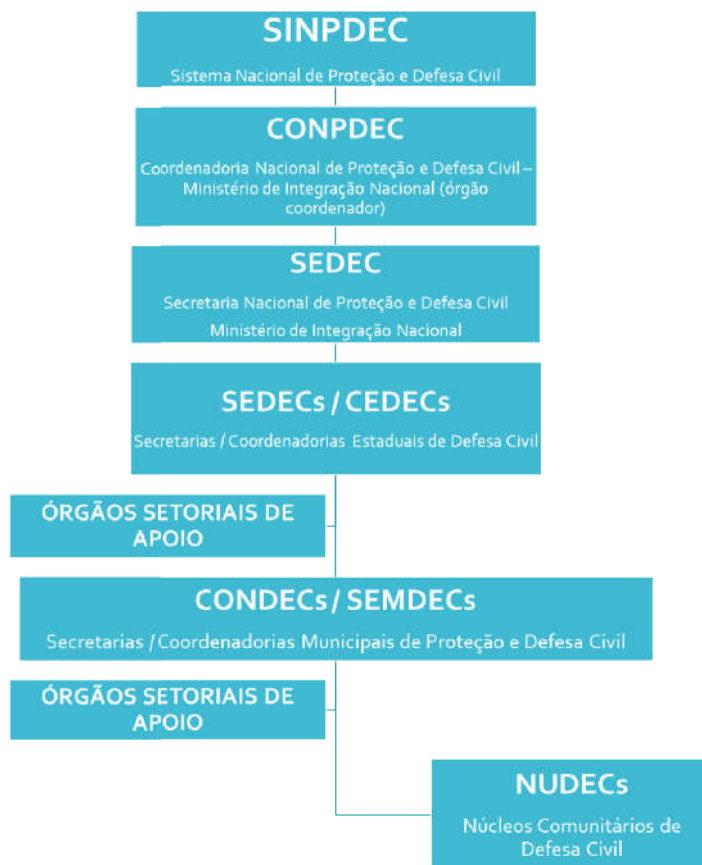


Figura 31 - Organograma do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Fonte: SINPDEC, Organograma, 2016; elaborado pelo autor.

O Centro Nacional de Gerência de Riscos e Desastres (CEMADEM), órgão subordinado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, foi criado em



fevereiro de 2005 com o intuito de gerenciar, com agilidade, ações estratégicas de preparação e resposta à desastres em território nacional e, eventualmente, também no âmbito internacional.

A Companhia de e de Recursos Minerais (CPRM), companhia de economia mista vinculada ao Ministério das Minas e Energia, é responsável pelo Serviço Geológico do Brasil, entidade responsável pela pesquisa e difusão de conhecimentos geológicos e hidrológicos para diversas finalidades. O CPMR, através do Departamento de Gestão Territorial (DEGET) constituiu o programa de Gestão Territorial (GATE) que desde 1991 vem contribuindo, dentre outras linhas de ação, para análise e gestão de Riscos Geológicos e Desastres Naturais.

Ainda na esfera federal, o Ministério do Meio Ambiente vem contribuindo com a SEDEC através da Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pelo monitoramento hidrometeorológico em tempo real, através de 1.075 estações fluviométricas e 981 estações pluviométricas distribuídas nas 12 Regiões Hidrográficas brasileiras.

A previsão meteorológica para todo o país é realizada operado Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

O Histórico da Defesa Civil no Estado do Rio de Janeiro se confunde com o surgimento da política de Defesa Civil a nível nacional. Conforme já aludido as chuvas que castigaram a Cidade do Rio de Janeiro no antigo Estado da Guanabara em janeiro de 1966 e fevereiro de 1967, geraram enchentes, inundações e escorregamentos. As experiências durante a situação de crise apontaram a necessidade de criação de um órgão destinado a coordenar as ações de Defesa Civil.

Em 12 de Maio de 1966, o então Governador do antigo Estado da Guanabara, Embaixador Francisco Negrão de Lima, assinou o Decreto No. 609, criando o



Instituto de Geotécnica, órgão que deu origem à Fundação Instituto de Geotécnica - Geo Rio, que figura hoje no organograma da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

O Decreto Estadual No. 722 de 18/11/1966, inseriu no Plano Diretor do Estado da Guanabara, o Sistema e a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil.

Em 1967 novas chuvas intensas castigaram a Cidade do Rio de Janeiro e, portanto, corroboram a necessidade de organização dos esforços de Defesa Civil. Assim, os decretos estaduais. No. 13.002 de 28/09/1967; 13.084 de 27/11/1967, criaram a "Comissão Permanente de Defesa Civil (CPDC). Posteriormente, o Decreto No. 3.435, de 24/11/1969 instituiu a Coordenação Estadual de Defesa Civil (CEDEC), formada por engenheiros e representantes das regiões administrativas, permanecendo até a fusão do antigo Estado da Guanabara com o Estado do Rio de Janeiro em 1975.

Com a constituição do atual Estado do Rio de Janeiro em 15/03/1975 , foi criado o Departamento Geral de Defesa Civil (DGDC), formado pela junção de dois órgãos de Defesa Civil do antigo Estado da Guanabara e do Estado do Rio de Janeiro e o Corpo Marítimo de Salvamento (CMS).

Em 23/12/1975 o Decreto No. 529 deu ao DGDC a responsabilidade pela integração, coordenação e controle dos meios disponíveis, na ocorrência de um fato adverso.

A resolução No. 210, de 26/09/1977 regulamentou a estrutura do DGDC, agregando a estrutura do Corpo de Bombeiros (CBMERJ) para a criação das Coordenadorias Regionais (REDCs).

Em 14/10/1981 o Decreto No. 4.691 alterou a estrutura e organização da Secretaria de Segurança Pública, criando a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (DCERJ). O Decreto No. 6.635 de 12/04/1983 vinculou a DCERJ à Secretaria de Estado de Governo, status que assim permaneceu até 29/11/1983, quando foi criada a



Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC) cujo Secretário era o Comandante-geral do Corpo de Bombeiros.

Nos governos que se sucederam, a estrutura estadual alterou a posição da Defesa Civil. Em 2007 a SEDEC assumiu status de Sub-secretaria vinculada à Secretaria de Saúde e Defesa Civil.

Em 2011 a Defesa Civil estadual foi desvinculada da Secretaria Estadual de Saúde e reassumiu o status de Secretaria de Estado de Defesa Civil.

A SEDEC tem por missão conjugar esforços para a redução de riscos e desastres através das seguintes ações:

- Identificação e mapeamento de áreas de risco no Estado;
- Definição das atribuições dos órgãos do Sistema Estadual de Defesa Civil;
- Apoiar os municípios na gestão de desastres e no caso de Situações de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP);
- Realizar monitoramentos meteorológicos, hidrológicos e geológicos das áreas de risco em articulação com a União e os Municípios.

A SEDEC está organizada conforme o organograma ilustrado na Figura 32, o Secretário de Defesa Civil responde, também, pelo Comando Geral do Corpo de Bombeiros, através do Subcomando do Corpo de Bombeiros. Apensa a SEDEC está a Subsecretaria de Defesa Civil, que por sua vez coordena as Superintendências Administrativa e Operacional (SUOP). Nesta última esta subordinado o Departamento Geral de Defesa Civil (DGEDEC).

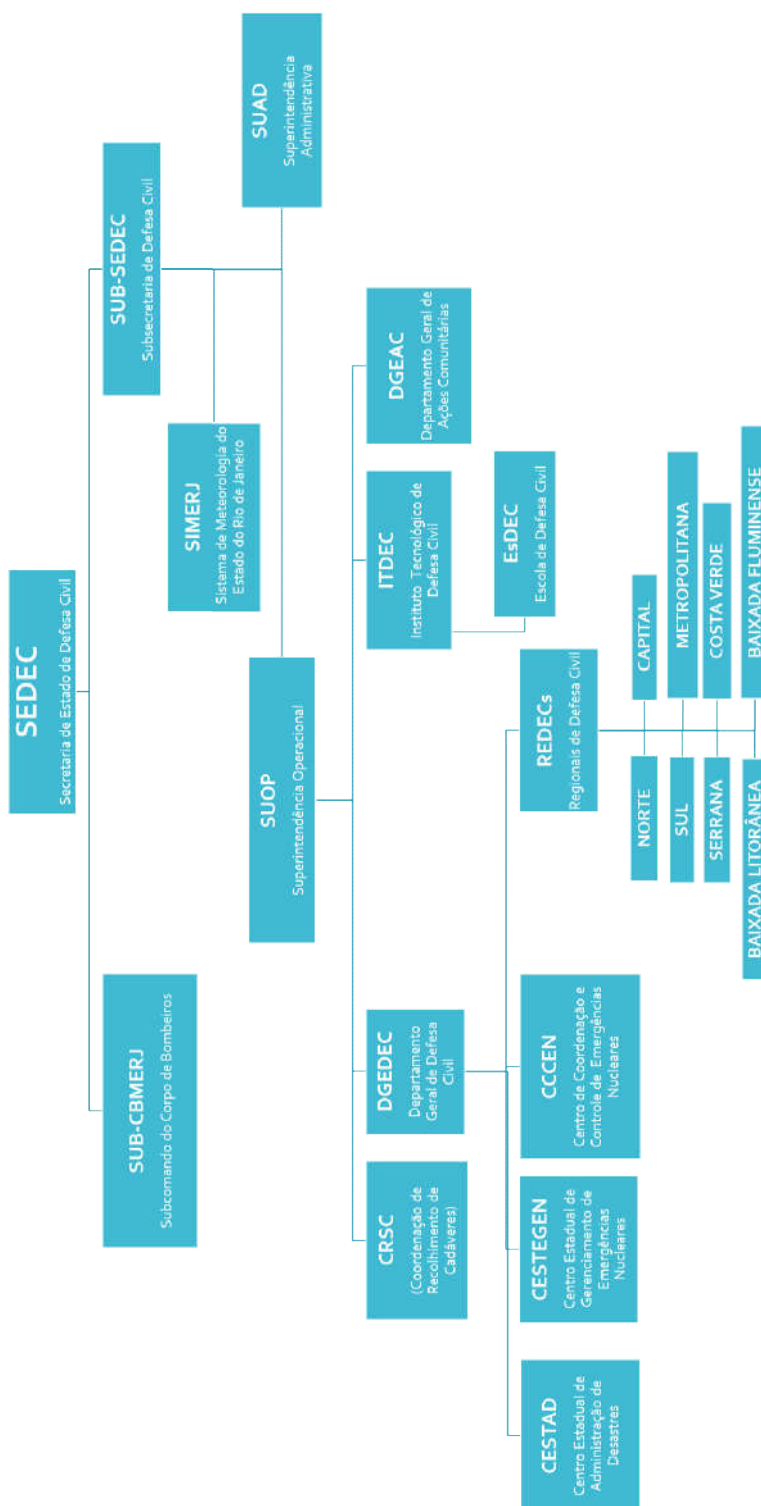


Figura 32 - Organograma da Secretaria de Estado de Defesa Civil, fonte: SEDEC ;SUOP; DGDEC; elaborado pelo autor.



O DGEDEC é responsável por coordenar o Centro Estadual de Administração de Desastres (CESTAD), órgão este que congrega num mesmo ambiente equipamentos que permitem o monitoramento remoto de situações de emergência; o Centro Estadual de Gerenciamento de Emergências Nucleares (CESTEGEN) e o Centro de Coordenação e Controle de Emergências Nucleares (CCCEN); além de promover a articulação com todas as Regionais de Defesa Civil (REDECs), localizadas nos Comandos de Bombeiros de Área.

A SUOP ainda é responsável pelo Instituto Tecnológicos de Defesa Civil (ITDC) e a Escola de Defesa Civil (EsDEC); da Coordenação de Recolhimento de Cadáveres (CRSC) e do Departamento Geral de Ações Comunitárias (DGEAC), responsável por implementar programas relacionados à Doutrina de Defesa Civil, priorizando ações preventivas no processo de redução de riscos e desastres.

A SEDEC dispõe dos seguintes órgãos setoriais de apoio:

- Instituto Estadual do Ambiente (INEA);
- Departamento de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ);
- Cruz Vermelha Brasileira RJ;
- Sistema de Meteorologia do Rio de Janeiro (SIMERJ);
- Liga de Amadores Brasileiros de Radio Emissão (LABRE-RJ).

O SIMERJ tem por objetivo elaborar e disponibilizar o monitoramento, a previsão e a climatologia para o Estado do Rio de Janeiro, bem como a montagem e manutenção de um banco de dados destinado ao fomento de pesquisas científicas e tecnológicas no Estado.

Apesar da SEDEC desenvolver diversas ações de cunho preventivo voltado para a conscientização da população a maioria dos recursos destinados à Defesa Civil são destinados às ações de resposta e reconstrução pós-desastre.



O histórico da Defesa Civil de Petrópolis se inicia em 1979 com a criação da Coordenadoria de Defesa Civil, ligada diretamente ao gabinete do Prefeito. Em 1990, foi promulgada a Lei Orgânica do Município que criou os Vigilantes da Chuva.

Em 2002 foi criado em Petrópolis o Comitê de Ações Emergenciais; em 2003 o Plano Emergencial de Resposta a Desastres; em 2010 foi elaborado o 1º Plano de Contingência para o período de chuvas.

Finalmente, em 2013, a Defesa Civil conquistou o status de Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil (SPDC) através da Lei Municipal nº 7.056 de 15/04/2013.

Ainda em 2013, a PMP elaborou o Plano de Contingência de Proteção Civil para deslizamentos e inundações e em 2015 este plano foi estendido para incêndios florestais.

Uma das grandes ações da SPDC foi a integração ao Projeto de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES). Este projeto é uma parceria do governo brasileiro e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e tem o objetivo de reduzir desastres naturais nos municípios de Petrópolis, Nova Friburgo e Blumenau (SC), por meio de manuais produzidos por técnicos japoneses.

A SPDC possui o apoio do Centro de Defesa Aérea e Controle do Tráfego Aéreo (CINDACTA) que disponibiliza imagens do Radar Meteorológico e, também, das imagens de satélites do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estes dados são associados com as informações locais da rede de pluviômetros automáticos que por telemetria enviam, em tempo real, os registros de intensidades de chuva em todo o município. Além disso, leituras altura de chuvas feitas pelos Vigilantes da Chuva, através de pluviômetros feitos com garrafas de PET, complementam o monitoramento e para a tomada de decisões do Sistema de Alerta.



A SPDAC capacitou os Agentes de Saúde para atuarem como Agentes de Defesa Civil e, também, criou Núcleos de Defesa Civil (NUDECs) que são constituídos por moradores de Áreas de Risco que recebem treinamento e instruções para prevenção e atuação nas situações de emergência. Estes cidadãos atuam como multiplicadores junto às suas comunidades e promovem a integração de toda a comunidade, como os pontos de apoio (Escolas, Clubes, Instituições Religiosas, etc) e a Associação de Moradores.

6.1.1 Percepção e conscientização do Risco

Este é o principal paradigma a ser quebrado para promover uma mudança substancial da abordagem da gestão do risco com enfoque na prevenção, pois, qualquer estratégia proposta visando à redução do risco e aumento da resiliência tem que contar com a participação ativa dos indivíduos que moram em áreas de risco (áreas de risco alto e muito alto).

A percepção do risco leva os indivíduos a assumir uma postura pró-ativa, não se resumindo a cobrança dos Poderes Públicos, mas desenvolver atitudes pessoais, familiares e coletivas, ou seja, abandonar posturas passivas, negligentes ou da eterna expectativa de solução clientelista, de nada adianta aos Poderes Públicos confeccionarem Mapas de Risco e Perigo se a população que reside nestes locais não tem nenhuma percepção desta condição.

A espacialização das áreas de risco, que cada vez mais se confundem com as áreas de preservação permanente, acaba ampliando o problema acrescentando, também, o viés de preservação ambiental. E, sendo assim, acrescenta à discussão da questão do risco os órgãos de preservação e conservação ambiental que, por vezes, insistem em dissociar a problemática social da ambiental.

Há muito tempo os políticos relutam em quebrar este paradigma não conscientizando os moradores de Áreas de Risco, algumas razões concorrem para esta postura:



- Diferentes magnitudes de percepção do risco entre a população, os políticos e os técnicos e cientistas que elaboram os Mapas de Perigo e Risco;
- Pouca capacidade de alguns administradores públicos para apropriar-se dos estudos de risco;
- Receio de geração de pânico nas comunidades;
- Reações negativas por parte dos moradores que temem que seus imóveis sejam desvalorizados;
- Não querer gerar expectativas para a solução do problema;
- Inexistência de soluções fundiárias e habitacionais para o reassentamento de famílias;
- Falta de alinhamento entre os Poderes Públicos na busca de uma solução;
- Incapacidade dos Poderes Públicos de atender a demanda de todos os moradores em Área de Risco;
- Entendimento equivocado de que morar em área de risco é estar condenado, sem chance de convivência com a situação;
- Manutenção do entendimento fatalista do risco.

Faz-se mister ressaltar a distinção entre Risco Alto e Muito Alto de risco iminente, este último, refere-se a uma condição crítica, só possível de ser constatada mediante vistoria ao local, para avaliação de uma situação localizada onde sejam percebidas evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus e abatimentos em taludes, trincas em moradias, árvores ou postes inclinados, etc.), portanto, a classificação de uma área, de acordo com a metodologia empregada a confecção de mapas de perigo e risco neste PMRR é incapaz de prever situações de risco iminente.

Por outro lado, esta condição pode estar presente nas áreas de risco muito alto, contudo, isto só poderá ser confirmado através de uma vistoria técnica. Daí a grande



importância da conscientização dos moradores, através da educação para a prevenção do risco, pois, estes quando esclarecidos quanto aos sinais de instabilidade, irão procurar a Defesa Civil Municipal para a realização de vistorias.

A sistematização destas vistorias e organização de um banco de dados georreferenciado devem gerar mapas de risco de detalhe, compreensíveis pela população, importante para o planejamento das ações.

Um dos maiores desafios em se transmitir estas informações para as comunidades, famílias e indivíduos e induzir, assim, a uma percepção do risco, é de como e a quem caberá esta tarefa. Neste sentido, propõe-se que a abordagem seja realizada por uma equipe multidisciplinar composta por engenheiros, geólogos, arquitetos, técnicos em defesa civil, assistentes sociais e psicólogos, que terão um trabalho árduo e perseverante, porém, extremamente necessário.

Esta abordagem enfrenta muitos obstáculos, principalmente a relutância das comunidades de serem rotuladas por moradores de áreas de risco e sendo, suas propriedades, conquistadas e erigidas, muitas vezes após décadas de trabalho, desvalorizadas por esta condição.

Por fim, é importante comentar que o fato de um indivíduo, família ou comunidade viver numa área de risco, de longe caracteriza uma condenação deste grupo. A identificação das ameaças e das consequências potenciais, que configurem as áreas de risco equivalem ao diagnóstico de uma doença em seu estágio inicial, em que o paciente adulto deve, ciente da sua condição, procurar um médico e seguir o tratamento prescrito até alcançar a cura ou buscar o convívio com a doença.

Afora as ações antrópicas que geram ou agravam o risco e devem ser reconhecidas e corrigidas através do assessoramento dos moradores com os técnicos, a outra questão do risco de movimento de massa está intimamente ligada ao modo de vida em regiões montanhosas onde a evolução natural das encostas produz as ameaças e, portanto, cabe ao homem aprender a perceber, se puder, evitá-las e, se for o caso aprender a conviver utilizando estratégias de resiliência.



6.1.2 Educação

Os programas educacionais são fundamentais na prevenção do risco de movimentos de massa em encostas, bem como para a proteção, aumentando a resiliência dos moradores de áreas de risco. Além disso, a qualificação específica dos profissionais da Construção Civil, desde pedreiros, empreiteiros de mão de obra e pequenos construtores e até os técnicos de nível médio, engenheiros civis e arquitetos.

De acordo com a lei federal nº 12.608 (10/04/2012) em seu artigo 29, esta lei determina que "os currículos de Ensino Fundamental e Médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios".

Além disso, a portaria interministerial de 17/07/2012, que instituiu o protocolo nacional para a proteção integral de crianças e adolescentes em situação de risco de desastres e seu comitê gestor nacional.

Neste sentido o Município de Petrópolis criou o Decreto Municipal Nº 622 (17/12/2014) que regulamentou o parágrafo único da Lei Municipal Nº 6.683 de 04/10/2009 que inclui entre os temas transversais a serem trabalhados por todos os professores do ensino fundamental e do ensino médio da rede pública municipal, noções gerais de defesa civil e percepção de riscos.

Assim, a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis (SEMPEDEC), juntamente com a Secretaria Municipal de Educação vem desde 2015 desenvolvendo o programa "Escola Resiliente" que tem como objetivo incentivar os professores e estudantes da rede pública municipal a participar de forma presencial, inclusive com saídas de campo e atividades à distância, de desenvolvimento, estímulo e multiplicação de ações de Redução de Riscos de Desastres (RRD), o treinamento contempla o aprendizado conceitual básico e a realização de exercícios de resposta e simulados práticos de como agir em situações de crise.

Apesar de praticamente todo o ambiente de atuação da Construção Civil de Petrópolis estar nas encostas e, portanto, demandar de serviços de terraplenagem, obras de drenagem superficial, contenção e obras preventivas contra a queda de fragmentos de



rocha de maciços rochosos, os profissionais do ramo da Construção Civil, principalmente os pedreiros e pequenos construtores que atuam em assentamentos precários tem baixa qualificação e desconhecem as boas técnicas de construção de obras desta natureza.

Um exemplo notório da falta de qualificação dos profissionais da cidade é a sistemática construção de "muros" de contenção empregando blocos de concreto simples. Esta tipologia de solução constitui uma verdadeira panaceia, pois, é uma obra barata e de fácil execução pelos pedreiros. Entretanto, estes "muros" não possuem estabilidade externa (tombamento e deslizamento) em face da falta de base e nem interna, pois, a armação é normalmente insuficiente, acabam funcionando, exclusivamente, como revestimento de talude.

Estes "muros" apelidados de "muros de contenção", pois, deixam os proprietários contentes devido ao baixo custo são os principais responsáveis por colapsos e, conseqüentemente, prejuízos contabilizados para os proprietários que, acabam arcando com despesas da remoção dos escombros e refazimento dos serviços. As figuras 33 e 34 apresentam o exemplo destes muros, que deve ser erradicado com o treinamento dos profissionais da cidade.



Figura 33 – Exemplo precariedade de “obra de contenção”, Rua Lopes de Castro, Valparaíso, 1º Distrito



Figura 34 – Outro exemplo de solução precária de contenção com grande desperdício de recurso, Etr. Mineira Corrêas, 2º Distrito.



Nesta perspectiva, existe uma lacuna a ser preenchida através de treinamento técnico específico destes profissionais. Uma das alternativas é o programa de Educação de Jovens e Adultos (EJA), que é uma modalidade de ensino que perpassa todos os níveis de educação básica e é destinada a jovens e adultos que não deram continuidade em seus estudos e para aqueles que não tiveram acesso ao ensino fundamental e/ou médio na idade apropriada. Para tal, seriam elaborados cursos rápidos, organizados em módulos, com aulas teóricas e práticas com intuito de qualificar e atualizar os profissionais deste setor. A PMP poderá buscar parcerias com o SENAI e o CEFET para organizar, preparar e ministrar estes cursos. Além destes profissionais, existe uma grande deficiência na qualificação específica de profissionais de nível médio - Técnicos de Edificação e Estradas; e superior - arquitetos e engenheiros, na temática de análise, avaliação e gerenciamento de risco de movimentos de massa em encostas; implantação de empreendimentos e construção em encostas e projetos de obras de remediação e prevenção.

A realização sistemática de cursos de extensão, palestras e seminários destinados aos estudantes e profissionais da área.

No entanto, é imprescindível que seja feita a reprogramação dos cursos de graduação, inserindo-se disciplinas específicas sobre estes temas é fundamental para a reversão deste quadro.

Este fato pode ser comprovado por inúmeras falhas de implantação de construções em encosta e, também, conforme já mencionado no controle urbano da falta de projetos de terraplenagem e do acompanhamento por profissionais capacitados dos serviços de terraplenagem.

6.2 Previsão

As medidas de previsão se concentram na Análise e Avaliação de Perigo e Risco com a detecção e demarcação das áreas perigosas (áreas) quanto a movimentos de massa e avaliação do potencial de manifestação (susceptibilidade) expresso quantitativamente através de uma probabilidade anual de acidentes.



Além disso, as medidas de previsão atuam no monitoramento do principal fator deflagrador dos movimentos de massa que são as chuvas intensas.

A previsão também pode atuar no monitoramento de encostas perigosas que já registrem sinais de movimentação.

Na sequência serão apresentadas de forma resumida as principais medidas de previsão associadas ao Gerenciamento de Riscos de Movimentos de Massa.

6.2.1 Previsão Meteorológica

A evolução dos modelos numéricos de previsão meteorológica nos últimos anos, com o incremento da capacidade computacional pelo uso de supercomputadores, conferiu altos níveis de confiabilidade das previsões realizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CEPETEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A utilização de imagens de satélite e de imagens geradas por radares meteorológicos, como os instalados no Pico do Couto (Aeronáutica) e no Sumaré (Prefeitura do Rio), permitem acompanhar em tempo real o deslocamento de tempestades(fig. 35).



Figura 35 - Imagem de radar meteorológico, (Climatempo, 2016).



6.2.2 Cartografia Geológica-Geomorfológica-Geotécnica

A Avaliação de perigo e risco de movimentos de massa é espacializada nos mapas de perigo e risco elaborados no Plano Municipal de Redução de Risco (figuras 36 e 37). Estes mapas foram elaborados conforme metodologia apresentada no produto 01 do PMRR (2007/2016).

Em 1990 o Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT-SP) elaborou a "Carta Geotécnica de Petrópolis" para o 1º Distrito, na escala 1:10.000, identificando 66 áreas de alto risco, totalizando uma superfície de 7,2 km² (Nakazana & Cerri, 1990).

O presente Plano Municipal de Redução de Risco elaborou mapas individuais para as áreas de Risco Alto e Muito Alto com a categorização das intervenções estruturais com tabelas com a estimativa de recursos para as diversas intervenções.

Neste trabalho foi realizado o primeiro estudo correlacionando chuvas e escorregamentos para o Município de Petrópolis e de análise de risco e corridas de massa.

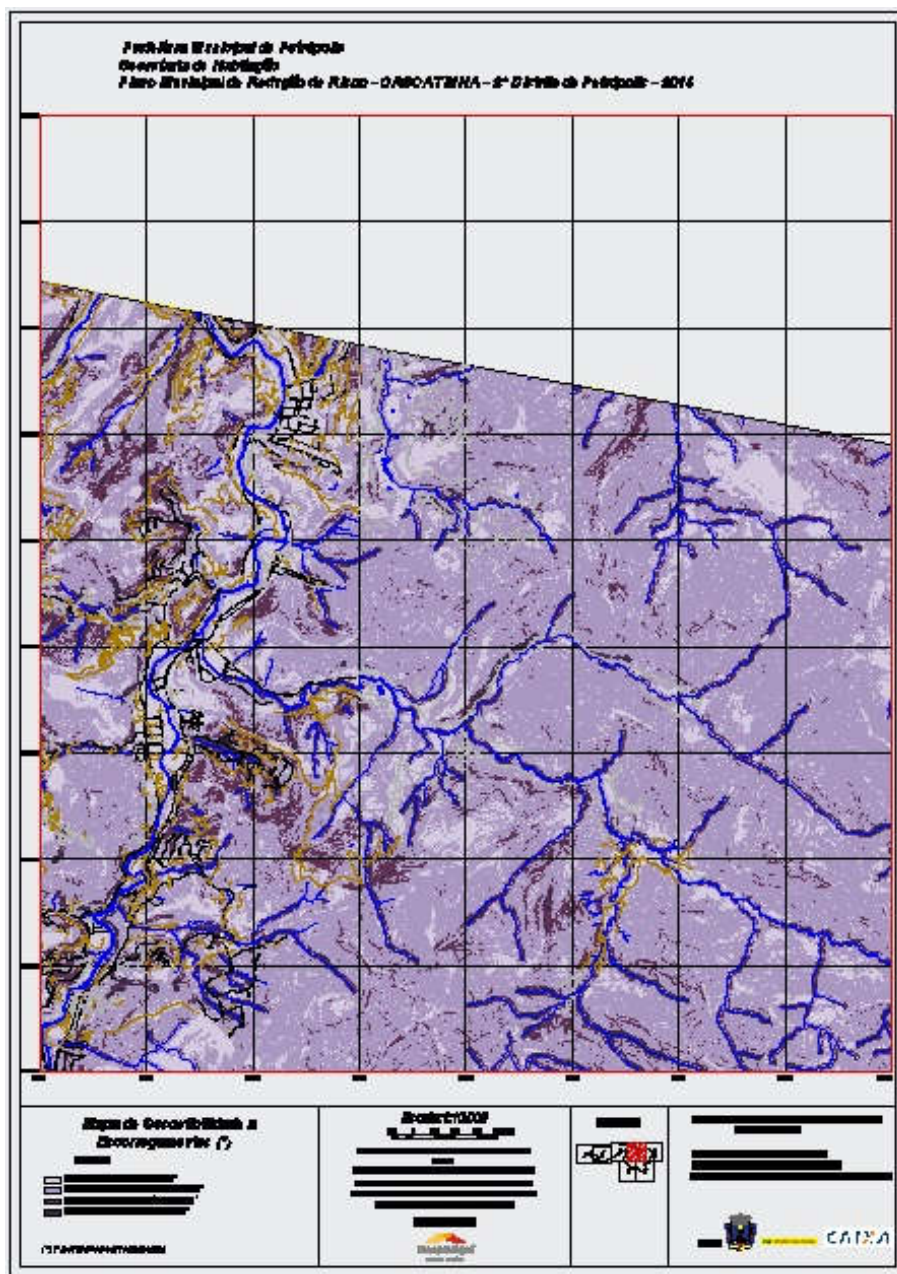


Figura 36 - Recorte do Mapa de Perigo, PMRR de Petrópolis (Theopratiq, 2015).

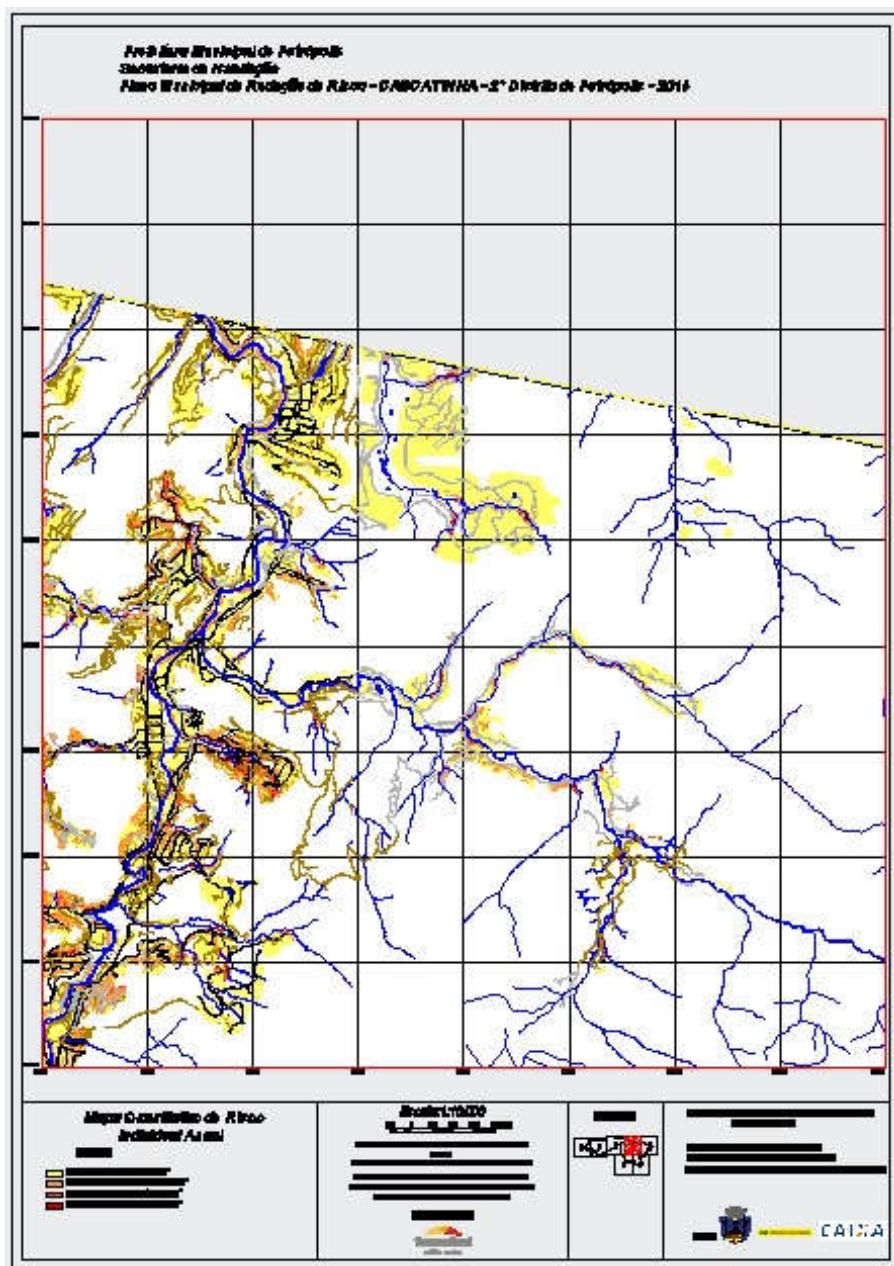


Figura 37 -Recorte do Mapa de Risco, PMRR de Petrópolis (Theopratique, 2015).

O serviço geológico do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro elaborou entre 2010 e 2013 uma carta de risco iminente a escorregamentos, identificando em Petrópolis 132 setores, estimando 4.500 moradias e 18.000 pessoas em risco iminente, além de Carta Geotécnica de Aptidão Urbana.



6.2.3 Monitoramento Remoto de Encostas

A instalação de uma rede com 61 pluviômetros semiautomáticos e automáticos no Município de Petrópolis, pelo CEMADEN e 19 pelo INEA permitiram juntamente com as informações da previsão meteorológica, dos satélites e radares a configuração de um sistema de alerta com base na correlação de chuvas e escorregamentos operado pela Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis.

O monitoramento automático de movimentação de encosta, apesar de ser uma ferramenta moderna tem uma aplicação restrita em função dos custos de implantação e manutenção do sistema em face da grande quantidade de áreas a serem monitoradas.

Este sistema funciona muito bem para acompanhamento de movimentos de rastreio ou escorregamentos pós-ruptura ou reativação de movimentos. É bastante utilizado em monitoramento de barragens e taludes de escavações em minas de céu aberto. Entretanto, a maioria dos escorregamentos consiste em movimentos rápidos cujo lapso de tempo entre o início da movimentação e a ruptura não permitem a emissão de alerta;

Uma vez que os prismas estão instalados em áreas de assentamentos precários existe também o risco de vandalismo ou de danificação acidental;



Figura 38 - Pluviômetro semiautomático instalado pelo CEMADEN/MCTI em Petrópolis,(junho/2013)



6.2.4 Ampliação do Inventário de Acidentes e Situação de Risco

No início da década de 1990, logo após a catástrofe de 1988, o IPT organizou em conjunto com a Secretaria de Planejamento da PMP um inventário de acidentes baseado em relatórios de vistoria e pesquisas de manchetes nos principais jornais da cidade. O resultado foi a organização de registros ao longo de 47 anos (1938-1989), totalizando 894 acidentes (IPT, 1990 e Oliveira, 2004).

Infelizmente, de 1989 para cá os dados de acidentes, principalmente, que tiveram vítimas fatais não foram organizados nem compilados formando uma base de dados confiável e disponível para estudos de formas padronizadas. Em particular o aprimoramento das correlações entre chuvas e escorregamentos, daí a grande importância de organização destes registros em um inventário.

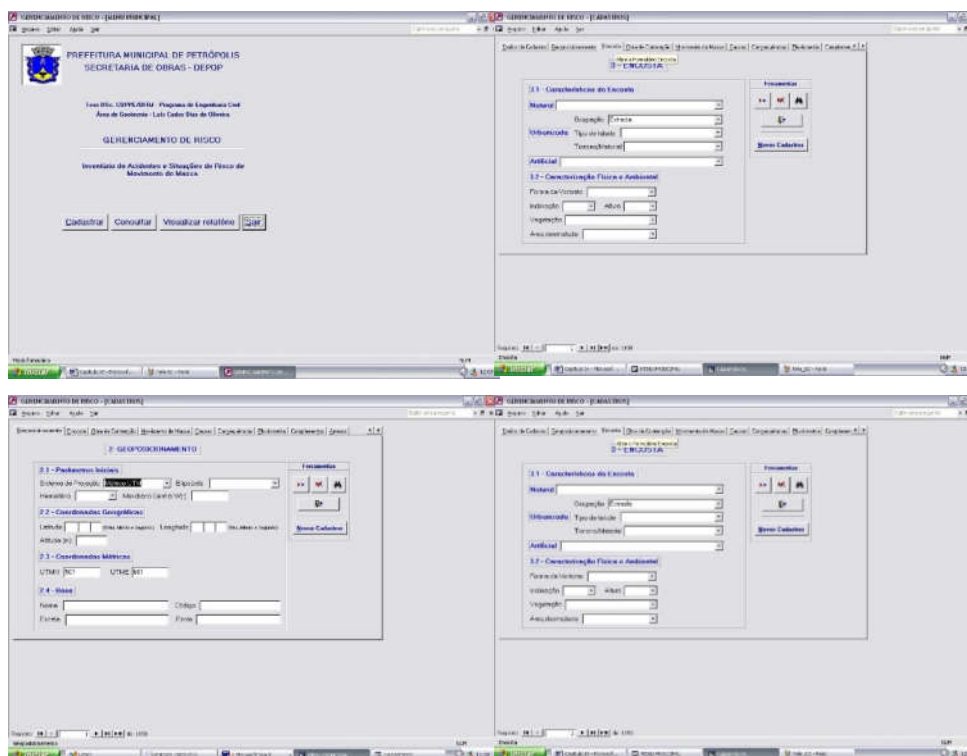


Figura 39– Telas do Inventário de Acidentes e Situações de Risco de Movimento de Massa (Oliveira, 2004)



6.2.5 Estudos Específicos

O estabelecimento de convênios entre o Poder Público Municipal e Centros de Pesquisas, Universidades e Institutos Federais ou até mesmo o apoio ao desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica, teses de mestrado e doutorado é de fundamental importância para o desenvolvimento da análise, avaliação e gestão de riscos de movimentos de massa.

Neste sentido, a obtenção de correlações entre as chuvas e escorregamentos deve ser aprimorada, pois, irá refletir diretamente na acurácia do sistema de alerta.

Estudos de modelos físico-matemáticos para a previsão de trajetórias e distâncias alcançadas por fragmentos de rocha destacados dos maciços rochosos simulados em cenários reais do município são ferramentas importantes para a delimitação de áreas de depósito e dimensionamento de barreiras dinâmicas.

A identificação de anfiteatros potenciais e feições que induzam a canalização de detritos e a modelagem espacial dinâmica para análise de risco de corridas de massa ("Debris Avalanche" e Debris Flow) é extremamente importante, tendo em vista o alto poder destrutivo deste tipo de movimento, e possibilita o dimensionamento eficaz de estrutura de proteção (barreiras dinâmicas, barreiras inelásticas, estruturas defletoras, etc.).

Enfim, estes estudos constituem a ponte permanente entre o conhecimento acadêmico e a aplicação prática em situações reais, uma troca importantíssima, enfim, de informações e experiências.

6.2.6 Mapa de Risco Dinâmico

O mapa de risco conforme apresentado no presente PMRR consiste em um diagnóstico baseado na integração temática através de um algoritmo de probabilidade Bayesiana que estima a suscetibilidade da porção de uma encosta se movimentar. O acoplamento deste modelo às informações em tempo real de correlações de chuvas X escorregamentos, obtidos por pluviômetros e tensímetros (medidores de umidade dos solos) enviados remotamente poderiam atualizar, em tempo real, as probabilidades de perigo e conseqüentemente transmitir os níveis de risco de uma comunidade.



Esta ferramenta, devidamente calibrada, constituiria efetivamente o melhor recurso para a emissão de alertas de movimentos de massa em face da capacidade de espacializar a informação em tempo real consistindo, portanto, uma ferramenta fundamental para a revisão de escorregamentos.

Entretanto, a implantação de tal ferramenta demanda, primeiramente, uma maturação dos sistemas de aquisição de dados pluviométricos e a incorporação às estações de sensores de umidade do solo.

6.2.7 Auditoramento da Redução do Risco

Esta tarefa é fundamental para a aferição do desempenho dos Poderes Públicos e da própria sociedade no esforço de redução do risco de movimentação de massa e inundações em áreas de risco, pois, constitui uma forma de auditar os resultados alcançados pela gestão de risco ao longo de um período definido.

Esta auditoria deve abranger todas as medidas de previsão, proteção e prevenção empreendidas pelos poderes públicos reunidas num programa de redução de risco e aumento da resiliência.

Dentre as diversas variáveis objetivas e subjetivas avaliadas periodicamente, podem ser citadas:

- Avaliação da sensibilização, conscientização e mobilização de moradores nas áreas de risco;
- Quantificação das áreas de risco abrangidas pelas ações e programas;
- Número de reassentamentos de famílias residentes em áreas de risco, através de programas de moradia social; lotes urbanizados, etc.;
- Número de reassentamentos de famílias residentes em área de risco alto e muito alto, através de aluguel social, compra assistida ou indenizada;
- Números de famílias beneficiadas por obras de urbanização, tais como, melhorias de acessos;



- Número de famílias contempladas com obras de infraestrutura, incluindo saneamento básico;
- Número de famílias integradas aos planos de contingência;
- Número de famílias englobadas no sistema de alerta e alarmes;
- Número de famílias contempladas por melhorias habitacionais visando à redução da vulnerabilidade das moradias;
- Número de famílias assistidas por programa de assessoramento para autoconstrução;
- Quantificação de áreas degradadas, recuperadas ambientalmente (ha);

Esta auditoria deveria ser realizada por órgão ou empresa externos e ter a periodicidade de 4 (quatro) anos para que, efetivamente, fosse mensurado o desempenho da política de gestão de riscos neste período.

6.3 Prevenção

As ações de prevenção compreendem ações estruturais e não estruturais.

As ações estruturais se concentram nas obras preventivas para eliminação, remediação ou mitigação do risco. A prática corrente do Poder Público é a de empreender ações depois que ocorrem os acidentes, executando obras de reconstrução de vias públicas, servidões ou escadarias que foram total ou parcialmente destruídas ou obras de estabilização de taludes em que o movimento ameaça ser reativado, ou ainda, quando detritos ou fragmentos de rocha permanecem instáveis depositados a meia encosta.

O conjunto de mais de 500 intervenções do programa Reconstrução-Rio, realizadas no início da década de 90, após a catástrofe de 1988, trouxeram para o corpo técnico da PMP grande conhecimento prático em todas as fases do processo, desde a elaboração do projeto básico, contratação através de licitações e supervisão da execução das obras. Os quadros abaixo apresentam um resumo das principais ações estruturais e suas indicações e restrições:



Quadro 03– Intervenções Estruturais - Estruturas de Contenção

QUADRO I - INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS - ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO				
	GRUPO	TIPOLOGIA	INDICAÇÕES	RESTRICÇÕES
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	MUIROS DE PESO	MUIROS DE ALVENARIA DE PEDRAS	ARRIMOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE MCRADIAS PREDIAIS, CONTENÇÃO DE ATERRROS	ALTURAS MÁXIMAS DE 4,0 A 5,0 m, ESPAÇO PARA BASE
		MUIROS DE CONCRETO CILÍNDICO	ARRIMOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE MCRADIAS PREDIAIS, CONTENÇÃO DE ATERRROS	ALTURAS MÁXIMAS DE 4,0 A 5,0 m, ESPAÇO PARA BASE
		MUIROS DE GABIÕES	ARRIMOS DE MARGEM DERIOS, SAIAS DE ATERRROS	ALTURAS MÁXIMAS DE 6,0 A 7,0 m, ESPAÇO PARA BASE
		MUIROS DE SACO SOLO-CIMENTO	ARRIMOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE MCRADIAS PREDIAIS, CONTENÇÃO DE ATERRROS	ALTURAS MÁXIMAS DE 4,0 A 5,0 m, ESPAÇO PARA BASE
	MUIROS DE FLEXÃO	EM CONCRETO ARMADO	ARRIMOS PARA LOGRADOUROS, CASAS, ETC	ATÉ 5,0 m DE ALTURA, ESPAÇO PARA BASE
		EM ALVENARIA ESTRUTURAL	ARRIMOS PARA LOGRADOUROS, CASAS, ETC	ATÉ 5,0 m DE ALTURA, ESPAÇO PARA BASE
		EM CONCRETO ARMADO COM CONTRAFORTES	ARRIMOS PARA LOGRADOUROS, CASAS, ETC	ATÉ 5,0 m DE ALTURA,
		EM CONCRETO ARMADO COM REFORÇO DE TIRANTES	ARRIMOS PARA LOGRADOUROS, CASAS, ETC, ESPAÇO EXÍGUO PARA BASE	ATÉ 5,0 m DE ALTURA,
		ESTACAS JUSTAPOSTAS OU ESTACAS SECANTES	SUBSOLOS, FALSO TÚNEL, ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO	CORTES ALTOS, DEPENDE DE BOAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS, PROJETOS E INSTRUMENTAÇÃO
		PERRIS METÁLICOS COM FRANCHADA DE MADEIRA/ CONCRETO	SUBSOLOS, ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO EM GERAL	CORTES ALTOS, DEPENDE DE BOAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS, PROJETOS E INSTRUMENTAÇÃO
		PAREDES DIAFRAGMA	SUBSOLOS, ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO EM GERAL	CORTES ALTOS, DEPENDE DE BOAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS, PROJETOS E INSTRUMENTAÇÃO
	ESTRUTURAS ANCORADAS	CORINAS ANCORADAS	CORTES, ESPAÇOS EXÍGUOS DE IMPLANTAÇÃO	CORTES ALTOS, DEPENDE DE BOAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS, PROJETOS E INSTRUMENTAÇÃO
		GRELHAS ANCORADAS	REFORÇO DE MUIROS EXISTENTES, MAIÇOS ROCHOSOS FRATURADOS	OBRAS PONTUAIS
CONTRAFORTES ANCORADOS		BLOCOS OU REBITOS EM MAIÇOS ROCHOSOS	OBRAS PONTUAIS	



Quadro 04 – Intervenções Estruturais – Revestimento de Taludes

QUADRO II - INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS - REVESTIMENTO DE TALUDES				
REVESTIMENTO DE TALUDES	GRUPO	TIPOLOGIA	INDICAÇÕES	RESTRICÇÕES
	MAÇOS TERROSOS	CONCRETO LANÇADO MANUALMENTE COM GRAMPOS CURTOS	PEQUENAS ÁREAS DE REVESTIMENTO, TERRENOS ERÓDÍVEIS, INCLINAÇÃO SUPERIOR A 45°	TALUDES ESTÁVEIS, ÁREAS SUPERIORES A 500 m ²
		CONCRETO PROJETADO VIA SECA E VIA ÚMIDA	ÁREAS AMPLAS, TERRENOS ERÓDÍVEIS, INCLINAÇÃO SUPERIOR A 45°	
		GRAMÍNEAS	INCLINAÇÃO INFERIOR A 45°	TALUDES ESTÁVEIS, TERRENOS POUCO ERÓDÍVEIS, NECESSIDADE DE DRENAGEM
		BIOMANTA	INCLINAÇÃO INFERIOR A 45°	
		GEOCOMPOSTOS	TALUDES ENTRE 45° E 55°	
		GEOCÉLULA	SOLOS ÁRIDOS, POSSIBILIDADE DE FIXAÇÃO DE TERRA VEGETAL	
	MAÇOS ROCHOSOS	TELAS DE ALTA RESISTÊNCIA, FIXADAS COM CHUMBADORES	ESTABILIZAÇÃO DE MAÇOS ROCHOSOS, ROCHA SÁ POUCO FRATURADA	DEMANDA DE CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICA DO MAÇO, AVALIAÇÃO DO GRÁU DE INTEMPERISMO E DO NÍVEL DE FRATURAMENTO DA ROCHA
		TELAS DE ALTA RESISTÊNCIA, ASSOCIADAS COM GEOMANTAS FIXADAS COM CHUMBADORES	ESTABILIZAÇÃO DE MAÇOS ROCHOSOS, ROCHA ALTERADA POUCO FRATURADA	
		TELAS DE ALTA RESISTÊNCIA ASSOCIADAS COM CABOS DE AÇO FIXADAS COM CHUMBADORES	ESTABILIZAÇÃO DE MAÇOS ROCHOSOS, ROCHA SÁ FRATURADA	
TELAS DE ALTA RESISTÊNCIA ASSOCIADAS COM CABOS DE AÇO E GEOMANTAS FIXADAS COM CHUMBADORES		ESTABILIZAÇÃO DE MAÇOS ROCHOSOS, ROCHA ALTERADA FRATURADA		



Quadro 05– Intervenções Estruturais –Maciços Rochosos e áreas de depósito de fragmentos de rocha

QUADRO III - INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS				
MACIÇOS ROCHOSOS E ÁREAS DE DEPÓSITO DE FRAGMENTOS DE ROCHA	BLOCOS OU LASCAS	FIXAÇÃO DE BLOCOS ISOLADOS COM CHUMBADORES	PEQUENOS BLOCOS SOLTOS DIRETAMENTE APOIADOS NO MACIÇO ROCHOSO	OBRAS LOCALIZADAS, GRANDES ENCOSTAS ELEVADAS
		FIXAÇÃO DE BLOCOS ISOLADOS COM TIRANTES	BLOCOS SOLTOS APOIADOS EM SOLO OU ALTERAÇÃO DE ROCHA	
		FIXAÇÃO DE PLACAS COM CONJUNTO DE CHUMBADORES	PLACAS DE ROCHA DIRETAMENTE APOIADAS NO MACIÇO ROCHOSO SÃO	
		CONTRAFORTES COM CHUMBADORES	REBITOS OU BLOCOS DE ROCHA APOIADOS DIRETAMENTE NO MACIÇO ROCHOSO SÃO	
		CONTRAFORTES COM TIRANTES	REBITOS OU BLOCOS DE ROCHA APOIADOS EM SOLO OU ALTERAÇÃO DE ROCHA	
		GRELHAS CHUMBADAS	CONSOLIDAÇÃO DE AFLORAMENTO ROCHOSO SÃO FRATURADOS	
		GRELHAS ANCORADAS	CONSOLIDAÇÃO DE AFLORAMENTO ROCHOSO SÃO MUITO FRATURADO SOBRE SOLO OU ALTERAÇÃO DE ROCHA	
	ESTRUTURAS DE IMPACTO	BARREIRAS RÍGIDAS, PÉRFIS/ TEIA DE ALTA RESISTÊNCIA	IMPACTO DE BLOCOS, DEBRITOS OU MASSAS DE SOLO	FRAGMENTOS PEQUENOS, QUEDA DE PEQUENAS ALTURAS, PORTANTO, ENERGIAS BAIXAS
		BARREIRAS INELÁSTICAS	IMPACTO DE BLOCOS, DEBRITOS OU MASSAS DE SOLO COM GRANDE ENERGIA	DEMANDAM GRANDES VOLUMES DE MATERIAIS, ACESSO DE MÁQUINAS DE TERRAPLENAGEM, ESPAÇO PARA BASES
		BARREIRAS DINÂMICAS-QUEDA DE BLOCOS	IMPACTO DE BLOCOS COM GRANDES ENERGIAS, ÁREAS DE FONTE ABRANGENTES	ESTUDOS ESTATÍSTICOS DE BLOCO PADRÃO, TRAJETÓRIAS E ENERGIAS
		BARREIRAS DINÂMICAS CONTRA "DEBRIS FLOW"	IMPACTO DE CORRIDAS DE MASSA, AVALANCHES, TORRENTES COM ENERGIAS ALTAS	ESTUDO DOS VOLUMES DOS DEPÓSITOS OU VOLUMES COM POTENCIAL DE MOBILIZAÇÃO POR ESCORREGAMENTOS
		BARREIRAS DINÂMICAS CONTRA ESCORREGAMENTOS SUPERFICIAIS	TALUDES EXTENSOS ONDE OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO E DRENAGEM SÃO INVÍVEIS	ESTUDO DOS VOLUMES DOS DEPÓSITOS OU VOLUMES COM POTENCIAL DE MOBILIZAÇÃO POR ESCORREGAMENTOS
		ESTRUTURAS DE DEFLEXÃO	PROTEÇÃO DE CONSTRUÇÕES E UTILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA OU ESCORREGAMENTOS	ESTUDO DE VOLUME DE MATERIAIS, TRAJETÓRIAS, ENERGIAS



Quadro 06 – Intervenções Estruturais - Terraplenagem

QUADRO IV - INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS - TERRAPLENAGEM				
TERRAPLENAGEM	GRUPO	TIPOLOGIA	INDICAÇÕES	RESTRICÇÕES
	MUDANÇA NA GEOMETRIA DOS TALUDES	SUAVIZAÇÃO MANUAL OU MECÂNICA, IMPLANTAÇÃO DE BANQUETAS (BERMAS) E SISTEMA DE DRENAGEM	GERAL, EVENTUALMENTE CONSORCIADA COM CONTENÇÕES	DEMANDA DE ESPAÇO, GRANDES VOLUMES DE MATERIAL DE CORTE
	BERMAS DE EQUILÍBRIO	BARRAGENS EM SOLO	ESTABILIZAÇÃO DE GRANDES MASSAS EM MOVIMENTO (Ex: COLÚMOS EM RASTEIOS)	ESPAÇO PARA A BASE E BOM TERRENO DE FUNDAÇÃO
		MACIÇOS REFORÇADOS	ESTABILIZAÇÃO DE GRANDES MASSAS EM MOVIMENTO (Ex: COLÚMOS EM RASTEIOS)	ESPAÇO PARA A BASE E BOM TERRENO DE FUNDAÇÃO
		BARRAGENS DE GABIÃO	ESTABILIZAÇÃO DE GRANDES MASSAS EM MOVIMENTO (Ex: COLÚMOS EM RASTEIOS)	ESPAÇO PARA A BASE E BOM TERRENO DE FUNDAÇÃO
		ENROCAMENTOS	ESTABILIZAÇÃO DE GRANDES MASSAS EM MOVIMENTO (Ex: COLÚMOS EM RASTEIOS)	ESPAÇO PARA A BASE E BOM TERRENO DE FUNDAÇÃO
	SOLO REFORÇADO	SOLO GRAMPEADO, REVESTIMENTO EM CONCRETO PROJETADO/ GEOMANTAS	ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES DE CORTE EM SOLO RESIDUAL	NÃO SE APLICA A ATERROS OU COLÚMOS, ALTURAS ACIMA DE 10,0 m, NECESSITAM DE MONITORAMENTO DE DEFORMAÇÕES
		SOLO REFORÇADO COM GEOTÊXIL OU GEOGRELHAS	ARRIMOS DE LOGRADOUROS, ATERROS	ALTURA MÁXIMA DE 7,0 m, LIMITADA AO ESPAÇO PARA BASE
		SISTEMA TERRAMESH	ARRIMOS DE LOGRADOUROS, ATERROS	ALTURA MÁXIMA DE 15,0 m, LIMITADA AO ESPAÇO PARA BASE
		SISTEMA TERRA ARMADA	RODOVIAS, ACESSO DE VIADUTOS, PONTES, ETC	ATERROS ALTOS, LIMITADOS PELO ESPAÇO DA BASE E CAPACIDADE DE CARGA DO TERRENO DE FUNDAÇÃO



Quadro 07 – Intervenções Estruturais – Drenagem

QUADRO V - INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS - DRENAGEM				
	GRUPO	TIPOLOGIA	INDICAÇÕES	RESTRICÇÕES/ RECOMENDAÇÕES
DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DE TALUDES	DRENAGEM SUPERFICIAL DE TALUDES	VALETAS DE PROTEÇÃO DE CORTES	CRISTA DE CORTES OU DEBANQUETAS (BERMAS)	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS E DEFINIÇÃO DE DESTINO FINAL
		VALETAS DE PROTEÇÃO DE ATERROS	CRISTA DE ATERROS	
		SARREIAS TRIANGULARES OU TRAPEZOIDAIS	PÉ DE CORTES OU ATERROS	
		MBO FIO EM CONCRETO SIMPLES	BORDOS EXTERNOS OU INTERNOS DE LOGRADOUROS OU SERVIÇOS	
		MBO FIO EM CONCRETO ARMADO	BORDOS EXTERNOS DE LOGRADOUROS NA CRISTA DE TALUDES ÍNGREMES	TRECHOS LONGOS COM DECLIVIDADE ALTA
		DESODA D'ÁGUA RETANGULAR DE ATERRO TIPO RÁPIDO (DAR)	TRECHOS COM DECLIVIDADE BAIXA	
		DESODA D'ÁGUA RETANGULAR DE CORTE EM DEGRAUS (DCD)	TRECHOS CURTOS COM DECLIVIDADE ALTA	DIMENSIONAMENTO COM BASE EM ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
		DESODA D'ÁGUA RETANGULAR DE ATERRO EM DEGRAUS (DAD)	TRECHOS LONGOS COM DECLIVIDADE ALTA	DESTINOS FINAIS EM TERRENOS ERODÍVEIS SEM COBERTURA VEGETAL
		DISSIPADORES DE ENERGIA	DESTINOS FINAIS FLORESTADOS	
		CAIXAS COLETORAS DE SARETA/ TALVEGUES		
DRENAGEM SUBTERRÂNEA	DRENOS LONGITUDINAIS (TRINCHERAS DRENANTES)	DRENOS LONGITUDINAIS PROFUNDOS PARA CORTES EM ROCHA	REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	NIVELAMENTO PARA GARANTIA DO ESCOAMENTO ATÉ O DESTINO FINAL
		DRENOS LONGITUDINAIS PROFUNDOS PARA CORTES EM SOLO	REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	
DRENAGEM SUBSUPERFICIAL	DRENOS SUB HORIZONTAIS	DRENOS PROFUNDOS INSTALADOS A TRAVÉS DE PERFURAÇÃO DE SOLOS	REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO EM TERRENOS COLUMONARES	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS E DEFINIÇÃO DE DESTINO FINAL
	DRENAGEM SUPERFICIAL ASSOCIADA A URBANIZAÇÃO EM ENCOSTAS	SERVIDÕES HIDRÁULICAS	ASSENTAMENTOS PREDÁRIOS EM ENCOSTAS DESPROVIDOS DE URBANIZAÇÃO	
		ESCADARIAS HIDRÁULICAS		
RUJAS HIDRÁULICAS				



6.3.1 Ações Não-estruturais

No âmbito das ações não estruturais preventivas a percepção e conscientização do risco; o controle urbano; a legislação urbanista e edilícia e a educação são as principais categorias que devem fazer parte de uma estratégia para a redução do risco e aumento da resiliência.

6.3.2 Controle Urbano

As ações pertinentes ao controle urbano são responsáveis por ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado de seu território, de forma a garantir o bem estar, segurança e qualidade de vida de seus habitantes.

Apesar da legislação do uso e, por consequência, a prerrogativa do controle e da esfera municipal, boa parte do município faz parte da Área de Proteção Ambiental (1982) e, portanto, tem que seguir o Plano de Manejo da APA, a gerência da APA no Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMbio) tem que ser consultada e pode atuar como fiscalizador.

Além disso, a remarcação da faixa marginal de proteção (FMP) de rios e outros corpos hídricos e responsabilidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e, também, a fiscalização de sua ocupação.

Além disso, os Poderes Públicos citados devem fazer cumprir o Código Florestal (2012) e as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), entretanto, o que não se é uma falta de alinhamento destas três esferas que relutam a trabalhar de forma coordenada.

Conforme já aludido, as Áreas de Risco acabam se situando em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e, conseqüentemente, em áreas pertinente às três esferas de poder, Municipal, Estadual e União, e a divergência e competência na tomada de decisões acaba emperrando o avanço para soluções.

No tocante à prevenção de risco de movimentos de massa, as ações de controle urbano, a nível municipal se concentram na fiscalização do cumprimento das leis



municipais para a implantação de novos condomínios, loteamentos, movimentos de terra, corte de árvores, desmatamentos, novas construções, etc., para o cumprimento desta função a fiscalização baseia-se no Código de Obras (1976), Código de Posturas e na Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo (LUPOS) de 1998. Estas ações são, hoje, exercidas pela Coordenação de Fiscalização instalada na Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil.

As maiores dificuldades de ação da fiscalização em áreas de assentamentos precários são:

- Falta de regularidade fundiária nas áreas de assentamentos precários;
- Total desconhecimento pelos moradores da legislação municipal;
- Falta de assessoramento técnico de engenharia, arquitetura, ou ainda, técnicos em construção pelos moradores;
- Baixo nível socioeconômico e cultural da população residente;
- Desaparelhamento e falta crônica de pessoal para as ações de fiscalização;
- Centralização da fiscalização no 1º Distrito;
- Incompatibilidade total da forma de abordagem preconizada para a fiscalização de uma cidade formal e os assentamentos precários;
- Provincianismo, recorrentes intercessões de chefias superiores, de vereadores, etc.;
- Necessidade de recursos para o desfazimento de moradias, transporte e guarda de pertences e aluguel social;
- Existência de um mercado imobiliário informal que impele invasões, parcelamentos irregulares, construção de moradias para venda e aluguel.



Dentre todas as dificuldades apontadas a principal reside na inadequação dos procedimentos de fiscalização preconizados para a cidade formal em assentamentos precários que se encontram em áreas de risco ou áreas de preservação permanente.

Sendo assim, há de se reformular de forma adequada os procedimentos de abordagem, primeiramente distinguindo as construções legítimas com finalidade habitacional das que tem caráter puramente especulativo.

Além disso, é pertinente que a fiscalização amplie a sua esfera de atuação para controle ambiental, desmatamento e etc.

Portanto, a fiscalização deve conseguir fazer esta distinção e conduzir para a Secretaria de Habitação e Secretaria de Trabalho e Assistência Social e Cidadania para receber o devido apoio.

As ações meramente especulativas do uso da terra devem ser combatidas com o rigor da lei e estancadas em seu início, pois, a existência de um mercado imobiliário informal realizando parcelamentos de terra (loteamentos clandestinos e ilegais), construções precárias para venda ou aluguel estão longe de ser a solução do problema da moradia social. Inclusive, em Petrópolis, já existem relatos de invasões organizadas com apoio de milícias e tráfico de drogas, o que torna o problema grave e urgente de soluções. A continuidade da proliferação desta forma inaceitável de ocupação do território da cidade produz efeitos nocivos, na maioria das vezes, de remediação caríssima, pois estes assentamentos irregulares acabam gerando passivos em volumes de obras de infraestrutura, urbanização e saneamento básico.

Além da citada reformulação da forma e no âmbito de atuação da fiscalização há necessidade de investimento em recursos humanos e tecnológicos, por exemplo, controle urbano feito por imagens de satélite (sensoriamento remoto); abertura de canais de comunicação com as comunidades para o recebimento de denúncias; ampliação de viaturas, etc.

A figura 40 aponta para a abertura de uma via ilegal ligando a Rua Henrique Paixão à Rua Jovita Pitzer Torres, numa extensão de cerca de 700 metros ao longo da



linha de cumeada – área de preservação permanente – gerando uma situação de risco para as áreas de jusante.



Figura 40 – abertura de uma via ilegal ligando a Rua Henrique Paixão à Rua Jovita Pitzer Torres (Google, 2016)

A figura 41 apresenta outra via ilegal aberta em encosta com declive acentuado a partir da “Subida do Piquenique” no bairro Jardim Salvador, que promoveu uma mutilação na área deixando um passivo de risco para jusante, inclusive para a Estrada União e Indústria.



Figura 41 – abertura de outra via no bairro Jardim Salvador (Google, 2016)



Outro aspecto importante é que a Coordenação de Fiscalização sempre esteve sediada no 1º Distrito de Petrópolis, priorizando suas ações neste distrito e no 2º Distrito - Cascatinha.

À medida que se afasta de sua sede a intensidade de sua atuação acaba sendo reduzida. O diagnóstico obtido com a elaboração do PMRR aponta uma relação alta entre as áreas de risco alto e muito alto e a área total urbanizada nos distritos de Pedro do Rio e Posse, o que aponta uma necessidade maior de atuação da coordenadoria de fiscalização nestes distritos.

Portanto, melhor seria se a Coordenadoria de Fiscalização atuasse de forma descentralizada, mantendo por conta disso uma equipe permanente em Itaipava, centro geográfico do município.

Além disso, de acordo com o PMRR (2015), o Distrito de Itaipava é o que apresenta maior extensão de terras com perigo alto e muito alto, portanto, mais suscetíveis a movimentos de massa.

Com relação à integração da fiscalização municipal com as esferas Estaduais e a União, que têm iguais ou maiores dificuldades, há necessidade de maior entendimento e cooperação, através de instrumentos de compromisso e convênios buscando reunir esforços e não ficar esvaindo as poucas energias em divergências.

As ações da Coordenação de Fiscalização necessitam ser precipuamente preventivas, ou seja, devem acontecer antes que as construções em Áreas de Risco estejam consolidadas, pois, caso contrário, uma vez, uma família estando instalada há necessidade de recursos para o reassentamento desta família ou aluguel social, soma-se a estes os custos de desfazimento das moradias e transporte e guarda de pertences. Portanto, somente através da pactuação com a comunidade local que esclarecida realizará denúncia de ocupações em locais indevidos.

6.3.3 Legislação Urbanística e Edilícia

As tendências do uso urbano do solo em Petrópolis são da ampliação da ocupação e adensamento. Nos últimos anos, após décadas de estagnação da oferta de imóveis pelo



setor imobiliário formal, tem se verificado com a ampliação do crédito imobiliário, e consequente aumento da oferta, através do lançamento de diversos empreendimentos.

No 1º Distrito de Petrópolis e parte do 2º Distrito (Cascatinha) verifica-se uma tendência de adensamento tanto no setor formal através da ocupação de grandes terrenos, outrora propriedades de veranistas, mas principalmente no setor informal nas porções médias e altas das encostas. Nestes distritos, o adensamento do setor informal ocorre pela verticalização das construções sem observação das normas edilícias, principalmente no que diz respeito às taxas de ocupação e construção.

Neste setor informal estão sendo construídos, ou ampliados, prédios com 4 (quatro) ou até 5 (cinco) pavimentos, com temerária falta de observância das normas e boas técnicas de engenharia resultando em perigo alto de ocorrência de falhas nas fundações e/ou estruturais.

Em muitos terrenos dos 1º e 2º distritos a expansão da ocupação informal acaba só sendo limitada pelos afloramentos rochosos que, via de regra, são áreas com perigo alto e muito alto de queda de blocos, deslizamentos superficiais ou até eventos extremos como avalanches de rocha como a que ocorreu no dia 14 de novembro de 2016 na rua Uruguai no bairro Quitandinha, que resultou na destruição total de 3 (casas) e 2 (duas) vítimas fatais.

O relatório do IPT (1991) já enfatizava que a abordagem da questão habitacional em Petrópolis requer ser iniciada com a fixação de um primeiro âmbito de discussão, mais global, que é a definição das áreas mais propícias do ponto de vista geológico, geomorfológico e geotécnico para a expansão habitacional.

Neste sentido os mapas de Perigo do PMRR podem ser integrados aos mapas da lei de uso, parcelamento e ocupação do solo (LUPOS) para a definição das áreas com potencial favorável para expansão.

Além disso, os mapas da LUPOS tem que ser enquadrados nos critérios ambientais preconizados pelo Código Florestal (2012); as resoluções CONAMA; bem como o zoneamento da APA Petrópolis.



O IPT (1991) sugeriu, de acordo com estudos realizados no âmbito da geologia, limitar-se a ocupação de Petrópolis a faixas de declividade inferiores a 60% ($\cong 31^\circ$).

Uma vez que a integração temática que gerou o mapa de perigo considerou o mapa de declividades, obtido através de modelo digital do terreno.

Outro aspecto relevante apontado pelo relatório do IPT (1991) e a inexistência de critérios urbanísticos específicos para a implantação de empreendimentos em encostas, pois, o atual Código de Obras (1976) e a própria LUPOS (1998) em vigor se eximem de detalhar regulamentações pertinentes a implantação de loteamentos e construções em encostas.

Deve-se, ainda, destacar que a falha de uma legislação urbanística adequada acaba forçando a concepção de projetos que acabam gerando movimentos de terra exagerados, a chamada "terra arrasada". Outro aspecto importante que se observa na implantação de empreendimentos e a ausência de projeto de terraplenagem e, menos ainda do controle topográfico da implantação destes, ficando esta tarefa ao encargo da empresa de terraplenagem, sem diretriz ou acompanhamento técnico adequado.

Do ponto de vista da implantação de acessos e construções nos lotes, ainda é comum a transposição de tipologias de habitações concebidas para terrenos planos para terrenos em taludes íngremes o que acaba, também, resultando em movimentos de terra desproporcionais, muitas vezes feitos com equipamentos de grande porte (escavadeiras hidráulicas) que geram aterros não compactados para a constituição de platôs e cortes íngremes com implicações de risco nos terrenos a jusante e montante, respectivamente.

Enfim, há necessidade de criação e regulamentações urbanísticas e edilícias adequadas às construções formais novas em encostas, que devem ser atendidas pelo mercado imobiliário formal, e, também pelo poder público (caso de lotes urbanizados).

Um bom projeto de urbanização em encostas, além de assegurar boas condições de funcionalidade e habitabilidade, deve evitar, ao máximo, cortes e aterros exagerados (terra arrasada), pois, além de reduzir consideravelmente a necessidade de obras de contenção, deve, também, minimizar a precisão por áreas para bota-fora.



Além disso, os projetos de urbanização deverão manter a capacidade de drenagem do terreno com a demarcação de faixas "non aedificandi", servidões de águas, de forma a possibilitar a implantação de um sistema adequado de drenagem superficial.

Assim, sugerem-se os seguintes critérios e medidas para a regulação urbanística para novos empreendimentos:

- Consolidação em um banco de dados georreferenciado da lei de uso, parcelamento e ocupação do solo (LUPOS), os mapas de perigo e risco e o plano de manejo da APA, para a geração de um mapa de aptidões urbanísticas para cada distrito de Petrópolis. Este mapa deverá, também, considerar o disposto no Código Florestal (2012), principalmente, com a definição regional das áreas de topos de morro que, necessariamente, deverão ser preservadas;
- O traçado do arruamento e acessos deve, preferencialmente, formar o menor ângulo possível com as ortogonais às curvas de nível, as curvas devem possuir sobrelarguras adequadas e a largura de passeios e calçadas deverá ser reduzida à medida que o arruamento ascende a encosta e, conseqüentemente, atendam a um número menor de moradias;
- No sistema viário deverão ser adotados poucos níveis hierárquicos de via para veículos;
- Tolerância de vias para pedestres (servidões), principalmente em lotes urbanizados em áreas especiais de interesse social (AEIS);
- O projeto geométrico dos lotes deve contemplar "servidões de águas", a fim de que seja facilitada a implantação do sistema de drenagem superficial; abastecimento de água e condução de águas servidas;
- Os talwegues, caminhos preferenciais de águas perenes ou intermitentes não poderão ser ocupados, inclusive o uso, como deságue para o sistema de águas pluviais deverá ser estudado para que não gere problemas a jusante;



- Definição, através de estudos específicos, geológicos, geomorfológicos e geotécnicos, de afastamento mínimo de construção em área de depósito de fragmentos de rocha a jusante de maciços rochosos. Inclusive, possibilidade de implantação de estruturas de impacto rígidas, barreiras inelásticas ou barreiras dinâmicas;
- Exigência de apresentação de projetos de terraplenagem, estudos para verificação de estabilidade de taludes e obras de contenção;
- Os lotes deverão permanecer vegetados, até o seu efetivo uso, não deixando, portanto, o solo exposto a desencadear processos erosivos e/ou movimentos de massa;
- Ainda que se disponha dos mapas de Perigo e Risco deste PMRR, recomenda-se a contratação, pelo empreendedor, de um estudo geológico-geomorfológico-geotécnico a nível de detalhe (escalas 1/2.000 e 1/5.000) que relacione as drenagens naturais existentes, levantamento das características da área de entorno (contribuições de escoamento superficial, áreas de escorregamentos, queda de blocos, águas servidas, etc.);
- Investigações geotécnicas para conhecimento das características e posição das camadas de solo presentes; profundidade do lençol freático; afloramentos rochosos; indicando indiretamente as capacidades e restrições dos terrenos;
- Realização de levantamento topográfico preciso da área a ocupar para que sirva de base para os projetos geométricos, terraplenagem e infraestrutura. Infelizmente, muitos custos adicionais de implantação têm recado em empreendimento que não investiram o suficiente na fase de planejamento;
- A declividade longitudinal das vias deverá ser flexibilizada, permitindo-se trechos curtos (entre 100 e 300m) com declividades de até 20%.



- A declividade transversal das vias em encosta deve convergir sempre para o bordo interno da via (pé do corte), onde deverá ser instalada a captação da drenagem superficial;
- Permissão da adoção de modos de transporte em terrenos muito íngremes (declividades acima de 60%) como planos inclinados ou até teleféricos;
- A forma, dimensão e disposição dos lotes não devem ser vista de forma isolada, mas relacionadas a uma tipologia de moradia a se implantar (IPT,1991);
- Os lotes deverão ter a sua maior dimensão paralela às curvas de nível, adotando-se a proporção entre os lados 1:2 ou 1:3 (IPT, 1991);
- Os lotes deverão manter desnível máximo de 2,50m entre a maior cota de sua testada e o nível da rua, de forma a possibilitar o acesso adequado (IPT,1991);
- Em terrenos com declividade elevada, limitar em 18,0m o desnível entre as servidões (acesso exclusivo a pedestres) e as vias para veículos mais próximos, (IPT,1991);
- A largura das servidões deverá assegurar condições de insolação para os lindeiros e possibilidade de implantação de infraestrutura, adotando-se como limite inferior, 2,0m de largura (IPT,1991);

As principais diferenças na legislação edilícia para a construção em terrenos em encosta, dizem respeito à execução de serviços de terraplenagem, obras de contenção e drenagem.

A execução destes serviços, principalmente, por deficiência de uma qualificação específica para a implantação de construções em encostas por arquitetos e engenheiros, acaba sendo levada a termo pelas empresas de terraplenagem ou mesmo por operadores de máquinas autônomos.



A recorrência de mutilação de terrenos, em decorrência de serviços de terraplenagem não planejados, sem controle e, portanto, mal executados e, resultam na necessidade de obras de remediação. Estas obras quase sempre não estão previstas no orçamento dos proprietários. Esta situação denota a necessidade de uma maior regulação e controle dos serviços de terraplenagem. As figuras 42 e 43 expõem a mutilação de um terreno em função de um serviço de terraplenagem mal planejado e mal executado.

Um efeito colateral advindo de serviços de terraplenagem não planejados ou mal executados e a deflagração de processos erosivos e, conseqüente, carreamento de material para o sistema de drenagem e para a calha dos rios no primeiro gera obstruções e no segundo assoreamento.

Os silenciosos processos erosivos, juntamente com o lançamento de material escavado, em margens de rios, talwegues e outros locais não autorizados resulta na permanente necessidade de serviços de limpeza e desassoreamento dos rios e córregos da cidade.

Os projetos de implantação das residências em encosta deverão ser concebidos para esta condição de forma a minimizar cortes e aterros, ou seja, as construções deverão se amoldar à encosta e não a encosta à construção.



Figuras 42 e 43– Terraplenagem mal planejada, mal controlada e mal executada, relegada ao abandono pelo proprietário do terreno. Etr. União e indústria, Nogueira, Itaipava, 3º Distrito.

Além disso, os movimentos de terra devem, preferencialmente, se esgotar no próprio lote, evitando-se recorrer a áreas de empréstimo de material (saibreiras) ou os exíguos bota-foras.



Os tópicos relacionados a seguir apresentam sugestões de regulações a serem agregadas ao Código de Obras e Posturas do Município:

De cortes, aterros e demais serviços de terraplenagem:

- Cortes em solo com altura superior a 3,0m devem ser conformados com inclinações compatíveis com o tipo de material encontrado e não superiores a 56° (talude 3:2 - V:H); a altura máxima entre banquetas (bermas) entre taludes, não deverá ser superior a 6,0m; a largura das banquetas não deverá ser inferior a 1,5m; os taludes deverão ser revestidos com gramíneas/leguminosas;
- A adoção destas diretrizes geométricas para cortes e aterros não exime o responsável técnico da verificação da estabilidade global dos taludes com base em parâmetros geotécnicos do solo, obtidos por intermédio de ensaios ou por correlações com NSPT;
- A implantação de construções em terrenos em encosta implica, necessariamente, na elaboração de projetos de drenagem superficial que levem em conta, além do próprio lote, as contribuições de montante e a compatibilidade com o destino final existente;
- Cortes em solo com altura superior a 3,0m, que, por imposições geométricas do projeto de implantação forem executados com inclinações superiores a 56° (talude 3:2 - V:H), deverão ser estabilizados obrigatoriamente utilizando soluções de reforço ou contenção (Ver figura44;

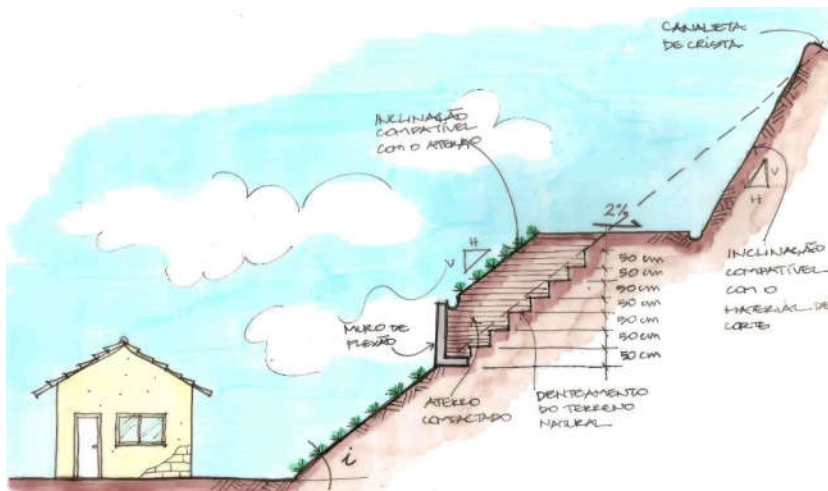


Figura 44 – Esquema de seção mista (corte e aterro) em encosta

- Aterros em solo na encosta com altura superior a 1,5m deverão ser confinados por intermédio de contenções ou ter os taludes (saídas de aterro) conformados com inclinação compatíveis com o tipo de material e não superiores a 33° (talude 2:3 (V:H))(Ver figura 45);

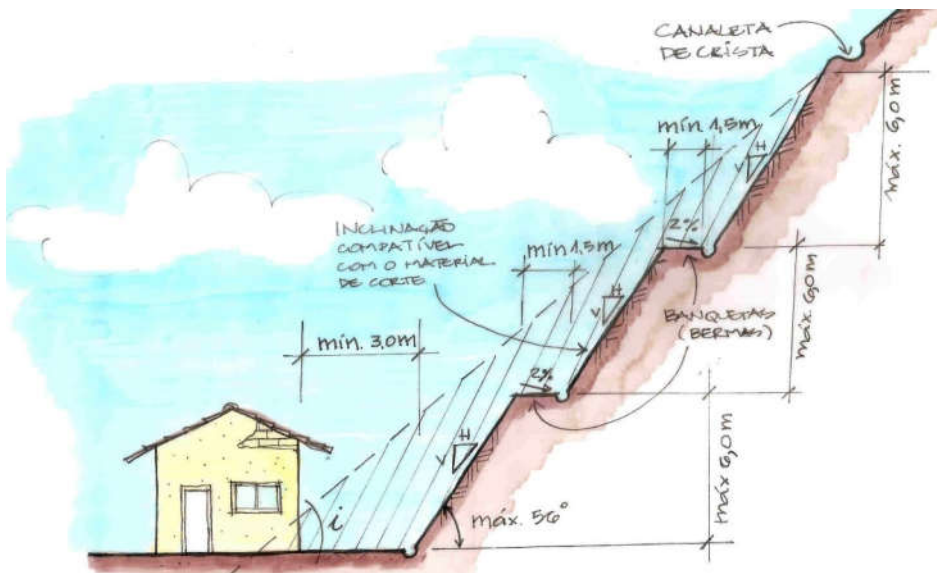


Figura 45 – Conformação esquemática de talude de corte

- Deverão ser apresentados projetos específicos para quaisquer soluções de reforço de solos ou contenções acima de 3,0m. Estes projetos deverão ser apresentados em planta, cortes, elevações, detalhes construtivos e acompanhados de memorial descritivo e de cálculo;



- O terreno para o lançamento do material de aterro deverá ser roçado e limpo, preparado com a execução de degraus para que não seja formada superfície de ruptura; o aterro deverá ser lançado em camada e compactado como manda a boa técnica de engenharia;
- Aterro em solo com altura superior a 1,5m que, por imposições geométricas do projeto de implantação forem executados com taludes com inclinação superior a 33° deverão ser estabilizados, obrigatoriamente, com soluções de reforço ou contenção;
- Não deve ser tolerada a abertura indiscriminada de áreas de empréstimo de solo (jazidas) sem licenciamento ambiental e respectivo plano de recuperação de área degradada (PRAD) bem como a deposição indiscriminada de excedentes de solo em encostas, talvegues, margens de rios, etc.;

Das atividades de empresas de terraplenagem:

- As empresas de terraplenagem e profissionais autônomos deverão ter registro específico na Secretaria de Proteção e Defesa Civil, constando o nome do proprietário e do responsável técnico; apresentação da relação de equipamentos.
- As empresas de terraplenagem ou profissionais autônomos deverão comunicar previamente à Coordenadoria de Fiscalização da Secretaria de Proteção e Defesa Civil quaisquer serviços de limpeza, demolição, remoção de escombros e serviços de terraplenagem em geral, informando o endereço do serviço, contratante, os equipamentos que vão ser empregados, inclusive, caminhões para bota-fora; relacionar a licença da obra ou autorização por órgão competente para a execução do serviço, prazo, prazo, etc. Este procedimento deverá ser, preferencialmente, feito através de formulário digital "online" disponível na página da referida secretaria;



- Os proprietários responsáveis técnicos e operadores de equipamentos de terraplenagem deverão participar de cursos específicos de qualificação para a execução de obras de terraplenagem em encostas e só assim estarão habilitados a prestar serviços no Município de Petrópolis.

As sugestões de regulação apresentada em sequência referem-se a aspectos da concepção das construções adaptadas às encostas, uma vez que a adaptação de tipologias de construção concebidas para terrenos com pequenas declividades acabam gerando movimentos de terra inadequados e exagerados e situações de risco de movimentos de massa:

- As construções em seus fundos deverão resguardar distância mínima de 3,0m de taludes, mesmo estes estando estáveis ou de obras de contenção;
- Quando possível prever a estabilização do talude nos fundos da construção através de estrutura associada, entretanto, deve ser mantido o afastamento mínimo de 3,0m da parede da fachada de fundos da construção da estrutura de contenção;
- Vedar a construção de vãos (janelas, varandas, balcões, "baywindows", etc.), no nível térreo, para ambientes de grande permanência em fachadas voltadas para encostas. Quando possível reforçar a estrutura destas paredes para resistir ao impacto de pequenos fragmentos de rocha ou materiais escorregados;
- O afastamento mínimo das construções do sopé de encostas rochosas em áreas de depósito de fragmentos de rocha dependerá de estudo geológico-geotécnico específico empregando modelos de previsão de trajetórias, alcance e energias desenvolvidas;
- A redução do afastamento mínimo do sopé dos taludes rochosos das construções em depósitos de fragmentos de rocha estará condicionada ao projeto de estruturas de impacto (barreiras inelásticas e barreiras dinâmicas);



- A tipologia das construções deverá ser adequada a terrenos em encostas. A PMP disponibilizará um "Banco de Projetos de Habitações para Terrenos em Encostas", bem como dispor ou indicar uma assessoria técnica para os cidadãos de baixa renda que aderirem ao Projeto de Autoconstrução;
- Será vedada a construção de fossas, filtros ou sumidouros em terrenos em encostas, exceto aqueles construídos ou que tenham tido a construção supervisionada pelo Poder Público ou pela Concessionária de Água e Esgotos do Município;
- Os efluentes de águas servidas de construções em encostas deverão ser captados e conduzidos através de sistema separador absoluto até o nível de base da encosta sendo conectado à rede principal ou tratado;
- Deverá ser erradicada a distribuição de água potável, captada em minas ou poços, através de mangueira pelo risco de vazamentos e conseqüente encharcamento do terreno;
- O sistema de distribuição de água e de coleta de esgotos sanitários deverão atender padrões de qualidade de materiais e de execução rígidos de maneira a assegurar a estanqueidade;
- As construções em encosta deverão empregar sistemas construtivos em conformidade com as normas técnicas vigentes. Não se recomendam construções em madeira ou com estruturas perfis leves em terrenos com fundos para maciços rochosos com perigo de queda de fragmentos de rocha;
- As fundações em encosta deverão ser executadas, preferencialmente, com estacas tipo broca executadas com trados manuais ou trados mecânicos de modo que seu fuste da estaca fique embutido em camadas mais resistentes (impenetrável a trado). É desaconselhável a execução de tubulões ou de sapatas em profundidade;



- Cuidados especiais devem ser tomados com fundações executadas em terrenos em solos rasos sobre rocha, neste caso é imprescindível a realização de sondagens e assessoria de um engenheiro para o projeto de fundações.

6.3.4 Habitação

Em 2012, foi elaborado pela PMP o Plano Local de Habitação de interesse Social (PLHIS) com o objetivo de realizar um diagnóstico da habitação social na cidade, conhecer suas características, demandas, os impactos urbanos e ambientais, avaliar as possibilidades legais, institucionais e de capacidade de gestão para o enfrentamento da questão habitacional, desenvolvendo, neste sentido, um plano de ação. Este trabalho seguiu a metodologia do Instituto de políticas Urbanas (URBES) e contou com recursos financeiros da Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades.

O desenvolvimento de programas habitacionais para a população de baixa renda são as principais ações que impactam diretamente na oferta de moradia e, conseqüentemente, na redução das pressões pelas ocupações espontâneas (invasões) ou patrocinadas por loteadores clandestinos em áreas perigosas nas encostas.

Os programas habitacionais podem ensejar ações estruturais e não estruturais.

As principais ações estruturais inseridas em programas habitacionais são:

- Produção habitacional;
- Lotes urbanizados;
- Desenvolvimento de assentamentos precários;
- Melhorias habitacionais.

As ações não estruturais no âmbito de programas habitacionais:

- Regularização fundiária;
- Reassentamentos, indenização, compra assistida, etc.;



- Assessoria técnica à iniciativas de autoconstrução;
- "Banco de projetos para construção em encostas".

Nesta sequência será apresentado de forma sintética cada uma das ações estruturais e não estruturais de programas habitacionais elencadas acima.

Produção Habitacional

A principal ação estrutural para refreara ocupação de faixas perigosas nas encostas e promover o reassentamento de famílias em área de risco é a produção habitacional sob a forma de habitações agrupadas. Desde 2009 com o lançamento do programa "Minha Casa, Minha Vida" (MCMV) do Governo Federal, já foram viabilizadas construções de centenas de milhares de moradias em todo o Brasil, entretanto, no Município de Petrópolis, o programa vem enfrentando diversos obstáculos para se tornar viável, dentre estes estão:

- A exiguidade de terrenos, ao que se somam os custos elevados destes, que tenham topografia suave, e assim, demandem obras de implantação (retenção e drenagem) com custos em consonância com os orçamentos previstos pela CEF para esta categoria de despesa;
- Os terrenos disponíveis, com topografias suaves, acabam sendo adquiridos pelos incorporadores para a realização de empreendimentos em faixas de valores mais elevados do MCMV ou em outros programas habitacionais;
- Os terrenos tendem a abrigar um quantitativo de moradias que, na maioria das vezes, não atende à escala de produção desejada pelas construtoras, que acabam preferindo municípios com terrenos amplos e com topografia suave que acolham milhares de unidades;
- Consequência direta das duas primeiras dificuldades apontadas, o valor remunerado pelo programa não atrai as empresas para construir no município;



- Projetos incompatíveis e pouco "knowhow" das empresas construtoras, geralmente de fora da cidade, com a implantação em terrenos com topografia acidentada;
- Entraves burocráticos para o licenciamento, principalmente nos órgãos ambientais, Estaduais e da União;
- Exigência de cadastro de demanda habitacional específica para cada empreendimento.

As dificuldades apontadas, em parte, foram contornadas pela aquisição, pela PMP, de terrenos e cessão destes ao programa para a realização dos empreendimentos.

Por fim, as escalas de produção e os valores insuficientes previstos para a implantação dos conjuntos, principalmente no tocante a obras de terraplenagem drenagem superficial e contenção, continuam a restringir o interesse das construtoras para a realização de empreendimentos, não só em Petrópolis, mas em toda a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

Algumas alternativas podem ser buscadas para resolver este cenário de insucesso do programa. Uma delas é desvincular os custos com obras de implantação, que poderiam ser financiados por outro programa, assim, os valores pagos pelo "Minha Casa, Minha Vida" ficariam destinados, exclusivamente, à produção habitacional com custos equivalentes às construções em terrenos planos.

A questão da escala, que reflete diretamente na lucratividade das construtoras pode ser revertida de forma realista através do aumento da remuneração da unidade ou também pelo incentivo, com redução principalmente de burocracia e impostos, de construtoras menores locais que pudessem ter acesso ao programa.

A questão dos cadastros específicos por empreendimento revela que apesar da Secretaria de Habitação possuir um cadastro com um número perto de 5.000 famílias, parte destas atendidas no programa "Aluguel Social", estas famílias encontram-se espalhadas por todo o Município, e, portanto, há de ser regulada a oferta de moradias por distrito e até por regiões ou bairros, pois existe muita resistência das famílias,



principalmente quando ocorrem reassentamentos de áreas de risco, a se mudarem para longe de suas origens, onde estão próximas de seus empregos, familiares, escolas dos filhos, enfim, suas raízes.

A perenização do “aluguel social” como solução para o reassentamento de famílias em áreas de risco fez surgir na cidade uma produção habitacional, informal e irregular com finalidade rentista. Portanto, outras formas de produção habitacional que envolvam parcerias entre o Município, ONGS/OSCIPS, Cooperativas Habitacionais com financiamento em Programas da CEF podem ser uma alternativa ao programa "Minha Casa, Minha Vida".

As experiências com produção habitacional geridas pelo município com recursos próprios, ou recursos estaduais, ou da União, são escassas, como também são poucos os recursos disponíveis para tal finalidade. O que demonstra que a saída para uma política habitacional de produção de unidades pelo município não se demonstra viável.

Este fato acaba por dificultar a realização de empreendimentos em grande escala, modelados ao programa MCMV, concentrados em um bairro, o que faz com que a oferta seja melhor distribuída no território com empreendimentos com menor número de unidades.

O IPT (1991) já apontava a necessidade de aperfeiçoar a legislação sobre formas condominiais evolutivas de ocupação; o estabelecimento de mecanismos para fomentar a produção de grupos condominiais; o incentivo à formação de grupos cooperados para a construção de conjuntos habitacionais de pequeno e médio porte estabelecendo mecanismos de financiamento; Ação conjunta do Poder Público Municipal com o setor privado para a construção de conjuntos habitacionais caracterizados por condomínios evolutivos; desenvolvimento de tipologias de habitações evolutivas agrupadas, em forma condominial (horizontal ou escalonar).

Ressalte-se que todas as sugestões feitas pelo IPT se encaixavam em um momento em que não havia um programa governamental para habitação social.

Enfim, algo tem que ser feito para que o programa "Minha Casa, Minha Vida" consiga sair do saldo de nenhuma unidade Faixa 01 (modalidade que produz



empreendimentos habitacionais destinados às famílias com renda mensal bruta de, atualmente, até R\$ 1.800,00) construída em Petrópolis. No entanto, diante desta realidade, outras iniciativas não devem ser descartadas e podem ser perseguidas pelo Poder Público Municipal em parceria com a iniciativa privada e outros entes da sociedade.

Lotes Urbanizados

Uma alternativa à produção habitacional, diante do impasse do programa "Minha Casa, Minha Vida" é a alternativa de aquisição de glebas, parcelamento destas e execução da infraestrutura urbana básica, oferecendo à população "lotes urbanizados", ou seja, o Poder Público fornece os lotes aos usuários, através de um programa de assessoramento a autoconstrução, para a construção das moradias. Como afirma Ermínia Maricato (2011) - "No campo ou na cidade, a propriedade da terra continua a ser o nó na sociedade brasileira".

Em Petrópolis a prospecção, aquisição ou desapropriação de terrenos é tarefa árdua, pois, terrenos em área com topografia suave, conectados à malha viária do município e próximos às redes de utilidades básicas são extremamente caros e, portanto, difíceis de se enquadrar em qualquer programa de habitação popular.

Entretanto, através de um verdadeiro "garimpo" é possível encontrar terrenos com custos acessíveis ao programa de lotes urbanizados, entretanto, na maioria das vezes são terrenos em encosta e, portanto, desafiadores para a implantação de um parcelamento seguro e viável do ponto de vista econômico.

Outro ponto importante está relacionado à localização dos terrenos, pois, a maioria das glebas mais acessíveis localizam-se no 3º, 4º e 5º distritos, no entanto, a maior parte da população em áreas de risco concentra-se no 1º e 2º distritos.

Através de programa de lotes urbanizados, a PMP ou o setor imobiliário privado ou, ainda, uma cooperativa habitacional faz aquisição uma área previamente reconhecida como Área Especial de Interesse Social (AEIS). Assim, através de parcerias público-privadas, podem ser elaborados projetos bem como a execução de serviços de terraplenagem, drenagem superficiais, além da implantação de utilidades



(redes de água, esgoto, média e baixa tensão, iluminação pública, rede de dados, gás, etc.) além de sistemas de tratamento de esgoto e coleta de resíduos domiciliares.

A concepção, como também, a construção da moradia devem ser assessoradas por profissionais habilitados e treinados em construções em terrenos íngremes. Neste sentido, a PMP pode elaborar um "Banco de Projetos" de construções em encostas e um "Manual Técnico de Construção em Encostas" com linguagem bastante acessível à população de baixa renda.

A PMP pode, também, firmar convênios com as universidades locais para envolver alunos de graduação em Arquitetura e Engenharia Civil nesta tarefa de assessoria ao programa de autoconstrução.

Um dos principais argumentos pautados pelo IPT (1991) em favor de um Programa de Lotes Urbanizados compara a situação atual em que as diversas pequenas iniciativas, espalhadas por toda a cidade, podem conduzir mais facilmente a instabilização do que agrupamentos maiores de intervenções organizadas e controladas. Ou seja, é muito difícil para o Poder Público dar assessoria e, assim, ter o controle de ações isoladas em todo o município.

O IPT (1991) sugere, ainda, a opção pelo agrupamento de habitação, através de justaposição, germinação, superposição, escalonamento, etc., pois, racionalizam ainda a dotação de infraestrutura.

Enfim, um conjunto de habitações convenientemente planejado pode funcionar como uma grande obra de estabilização de encostas, ou seja, a formalização da construção nas encostas é o caminho para a ocupação segura desta parte do território das cidades onde, hoje, predomina a ocupação informal.

Outra forma de baratear os custos da construção é a formação de cooperativas habitacionais, principalmente, para a aquisição de materiais de construção, a partir da própria população interessada ou, ainda, a abertura para o setor privado, através de pequenas empreiteiras ou Microempreendedores Individuais (MEI's) para a construção de moradias.



As cooperativas de construção de habitações populares abrangem uma grande diversidade de arranjos produtivos, inclusive, podendo utilizar ou não a mão de obra dos próprios cooperados para o barateamento dos custos de produção.

As principais vantagens da organização através do cooperativismo na autoconstrução, segundo o IPT (1991), são:

- Economia de escala, pela concentração espacial das unidades;
- Economia em escala na aquisição de materiais, elementos e componentes construtivos, eliminando-se perdas parasitárias;
- Otimização do empenho direto da mão de obra dos grupos populacionais envolvidos, através de mecanismos de racionalização da construção;
- Barateamento da construção e obtenção de boa qualidade construtiva;
- Otimização dos investimentos em infraestrutura;
- Fortalecimento do espírito comunitário.

Desenvolvimento de Assentamentos Precários

O conjunto de intervenções realizadas em Petrópolis após a catástrofe de 1998, através do Programa Reconstrução Rio, com recursos financiados pelo BIRD foi, na verdade, uma das primeiras experiências no Estado do Rio de Janeiro de execução de intervenções em áreas atingidas por movimentos de massa que não se restringiu, exclusivamente, a obras de remediação de risco, principalmente contenções. O programa cuja concepção teve assessoria da área de Geotecnia da COPPE/UFRJ, deu prioridade a obras de drenagem em encostas e a construção de destinos finais das águas captadas nas encostas, além da execução de obras imprescindíveis de estabilização.

Somente em 2009a PMP contratou um projeto semelhante para a Estrada da Saúde, através do Programa da Secretaria Nacional de Habitação com recursos do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS), Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários com Ações de Apoio à



Melhorias das Condições de Habitabilidade de Assentamentos Precários realizado através de um convênio com o Ministério das Cidades.

Em 2013 iniciou-se também a Elaboração de Estudos, Planos e Projetos de Urbanização Integrada na Região Alto da Serra, Petrópolis, RJ, que se encontra paralisado em face da descontinuidade do repasse de verbas de convênio entre a PMP e o Ministério das Cidades.

A maioria dos assentamentos precários em Petrópolis estão inseridos totalmente ou em parte em Áreas de Risco Alto e Muito alto, portanto, a intervenção do Poder Público nestas comunidades é inevitável, principalmente através de ações estruturais, através de planos integrados que contemplem o seguinte conjunto de ações:

- Reassentamento de famílias – Esta ação se faz necessária em situação de risco iminente quando intervenções preventivas ou de remediação do risco são inviáveis economicamente ou quando as moradias se encontram instaladas nas linhas de drenagem ou em locais em que a relocação é inevitável;
- Execução de obras de drenagem superficial, estas intervenções são, via de regra, as mais importantes para a prevenção de movimentos de massa em encostas urbanizadas;
- Estas obras, para que alcancem plena eficiência, demandam de levantamentos topográficos cadastrais com riqueza de detalhes que inclusive devem se estender até os corpos hídricos receptores para a execução dos chamados destinos finais. Estes destinos não podem ser negligenciados, uma vez que, normalmente o sistema de drenagem ao pé da encosta não comporta o deflúvio pluvial advindo da encosta urbanizada;
- Saneamento básico (abastecimento de água potável e coleta e tratamento do esgoto domiciliar) e disposição de resíduos domiciliares.

Em muitos assentamentos precários a captação e distribuição de água potável é feita pelos próprios moradores nos mananciais, minas ou através de poços rasos. Esta prática aumenta o perigo de movimentos de massas, pois, estes sistemas são suscetíveis



a vazamentos que podem gerar acidentes. Além disso, a falta de captação dos efluentes domésticos faz com que estes sejam lançados diretamente na encosta, em fossas ou sumidouros, ou ainda, nos córregos e rios, contribuindo para a ocorrência de escorregamentos, além do problema sanitário inerente a esta prática.

O não provimento de uma sistemática coleta de resíduos domiciliares, acaba dando margem para que a população descarte estes resíduos nas encostas, ou gerando depósitos, causando assim a obstrução das drenagens naturais ou dos sistemas de drenagem implantados, conhecidos como “lixúvio”, muitos suscetíveis a escorregamentos.

As deficiências descritas acima, comuns na maioria dos assentamentos precários, denotam a necessidade da implantação da infraestrutura de saneamento básico para a redução do risco nestes locais.

Por fim, nestes assentamentos precários, obrigatoriamente existe também a demanda por obras de contenção e a implantação de barreiras dinâmicas (fragmentos de rocha, corridas de massa ou escorregamentos superficiais).No entanto, em face do alto custo destas intervenções devem-se privilegiar ações estruturais preventivas como arrimo de ruas e servidões, proteção de equipamentos públicos (creches, escolas, postos de saúde) e moradias em coletividade. Assim, todas estas intervenções devem ser precedidas por análises criteriosas de benefício e custo.

Outra intervenção importante que deve fazer parte integrante de um plano geral de intervenções é a Recuperação de Áreas Degradadas (RAD). Esta ação visa, principalmente a recomposição da vegetação de áreas desmatadas, estas com a finalidade de expansão de parcelamentos clandestinos ou onde historicamente ocorreu a supressão da vegetação para exploração madeireira com intuítos comerciais ou para a cocção de alimentos.

Intervenções como aberturas de novos logradouros ou servidões, ou ainda, a pavimentação de trilhas ou caminhos devem ser criteriosamente estudados, pois, muitas vezes é utilizada a justificativa do acesso de equipes de socorro (ambulâncias) e utilidades públicas, escondendo-se o propósito de ampliação destes parcelamentos precários.



Outras intervenções como as melhorias e correções do traçado viário trazem benefícios diretos a redução de risco e também, refletem muito positivamente na melhoria do acesso aos veículos coletivos. Normalmente, em assentamentos precários, o sistema viário é implantado de forma inadequada, deixando taludes de corte e aterro acentuados, nestes últimos, os materiais são especificamente lançados na encosta. Invariavelmente, a abertura destas ruas em parcelamentos clandestinos cria, além dos taludes instáveis, lotes lindeiros inutilizáveis, quer pela impossibilidade de acesso em boas condições, frente ao desnível, quer pela necessidade de movimentos suplementares de terra (IPT, 1991). O material oriundo destes cortes, acaba depositado à meia encosta, e, assim, originando escorregamentos que atingirão áreas a jusante.

Outras características geométricas como a largura das ruas e raios de curva são fatores geométricos de instabilização que normalmente demandam correções. Além disso, existe uma inter-relação entre a geometria das vias e o sistema de drenagem. A falta de uma articulação conjunta entre projeto geométrico e drenagem superficial pode gerar, entre outras deficiências, o lançamento concentrado de fluxos de águas pluviais nos taludes nos trechos com curvas acentuadas.

As ruas têm que ser dimensionadas também para a condução do escoamento superficial, pois, durante as chuvas intensas o sistema de águas pluviais é incapaz de absorver todo o deflúvio.



Melhorias Habitacionais

Do ponto de vista da mitigação do Risco, diversas intervenções podem ser feitas nas moradias a fim de reduzir a vulnerabilidade destas. As melhorias habitacionais consistem em melhorias sanitárias, melhorias estruturais/ construtivas e drenagem e contenções nos lotes.

De acordo com o Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Projetos de Melhorias Sanitárias (FUNASA, 2004), o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares tem os seguintes objetivos:

- Implantar soluções individuais e coletivas de pequeno porte, com tecnologias adequadas;
- Contribuir para redução dos índices de morbimortalidade provocados pela falta ou inadequação das condições de saneamento domiciliar;
- Dotar os domicílios de melhorias sanitárias, necessárias à proteção das famílias e à promoção de hábitos higiênicos;
- Fomentar a implantação de oficina municipal de saneamento.

No que se refere às melhorias sanitárias, em particular, à construção de módulos sanitários, ressalvas devem ser feitas quanto à implantação de fossas, filtros anaeróbios e sumidouros, pois, esta forma de tratamento individual ou coletivo de esgotos não é recomendada para a construção em encostas em face do risco de vazamentos e, conseqüentemente, infiltração dos efluentes no terreno.

Neste sentido, os esgotos domésticos devem ser conduzidos através de redes coletoras até o sopé da encosta e daí conectadas ao coletor público ou sistema de tratamento.

Além disso, recomenda-se que os moradores monitorem a estanqueidade das redes de abastecimento de água e coleta de esgotos domésticos e mantenham estas tubulações enterradas preservando-as assim quanto à degradação.



As melhorias estruturais construtivas dizem respeito à execução das seguintes intervenções:

- Execução de reforços na estrutura e/ou alvenaria visando a prevenção do colapso;
- Execução de cobertura (telhado);
- Abertura de vãos e colocação de esquadrias para ampliação da ventilação e/ ou iluminação;
- Colocação de calhas.

As melhorias de drenagem e contenção dizem respeito às captações do escoamento superficial do terreno de uma moradia ou de um conjunto de moradias, através da implantação de calhas, rápidos e descidas d'água em degraus, conduzindo estas até o coletor público ou corpo hídrico receptor.

A execução de contenções, por possuírem custos elevados, são indicadas para a solução de problemas coletivos, a menos que uma solução individual seja imperativa.

Assim sendo, as melhorias habitacionais pesam na redução da vulnerabilidade das construções, parcela que é computada para a estimativa de risco.

Regularização Fundiária

A regularização Fundiária de assentamentos urbanos ocupados pela população de baixa renda revela-se como um dos programas prioritários da política urbana, necessário para a inclusão sócio espacial de grande parcela da população da cidade. De acordo com Al Fonsin (1997).

Regularização Fundiária é o processo de intervenção pública, sob aspectos jurídicos, físico e social, que objetiva a permanência das populações moradoras de áreas urbanas ocupadas em desconformidade com a lei para fins de habitação, implicando acessoriamente melhorias no ambiente urbano do assentamento, no regate da cidadania e da qualidade de vida da população beneficiária.

O termo “Regularização Fundiária Sustentável” se aplica quando o processo envolve as regularizações urbanística, ambiental, administrativa e patrimonial.



De acordo com o art. 46 da Lei Federal 11.977/2009, a regularização sustentável é “o conjunto de medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais que visam à regularização de assentamentos irregulares e à titulação de seus ocupantes, de modo a garantir o direito social à moradia, o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 2009)”.

A Regularização Fundiária tem caráter multidisciplinar e interdisciplinar, portanto, se de um lado a regularização jurídica das áreas é imprescindível, pois expressa o reconhecimento da segurança individual da posse para os ocupantes, há de ser feita também a integração deste espaço urbano com a cidade.

Além disso, para efetivamente garantir uma regularização fundiária sustentável, os mapas de perigo e risco devem ser consultados, bem como atendidos os critérios que definem as áreas de preservação permanente (código Florestal, 2012).

Inevitavelmente, a promoção de regularização fundiária em diversos assentamentos precários, a questão do risco e da preservação ambiental podem ser conflituosas. A mediação de tais conflitos passa pela elaboração de Planos de Ações Integradas nas áreas de risco definindo quais porções destes assentamentos são passíveis de regularização. Este processo deve contar com a participação efetiva da população envolvida, e, portanto, deve resultar em um pacto a partir do consenso.

Indiscutivelmente, a Regularização Fundiária pode ser uma grande aliada na prevenção de acidentes nas encostas, uma vez que, a população ao adquirir um sentimento de pertencimento ao local em que vive, pode, assim, colaborar com o controle urbano na preservação do território em que vive, denunciando ocupações de áreas perigosas e as áreas destinadas à preservação.

Reassentamentos, indenização, compra assistida, etc.

O alcance do sucesso em Planos de Ações Integradas para a Redução de Risco, inevitavelmente, envolve o reassentamento de famílias que estejam em situações de



risco Alto ou Muito Alto, mas principalmente, em situações detectadas como risco iminente.

Estes reassentamentos podem ser realizados com a simples realocação da família, sem ônus, para uma construção nova em área segura produzida pelo programa MCMV ou outro programa de produção habitacional, preferencialmente em área próxima, de forma a proporcionar à família a manutenção de vínculos originais, ou seja, evitando a perda com a quebra da rede de apoio social das relações de vizinhança e da perda de rendimentos financeiros (interrupção das atividades produtivas).

Outra forma de reassentamento é a **Compra Assistida** (auto-reassentamento). Nesta modalidade a família afetada buscará no mercado imobiliário sua moradia, e receberá como compensação uma parcela parcial ou integral de incentivo para a aquisição da nova moradia a ser negociada com a PMP. Além disso, todo o processo é monitorado pela PMP.

Reassentamento Cruzado, modalidade esta que é aplicada às situações bastante específicas, só é possível quando determinada família afetada negocia com outra família não afetada, ou seja, a família afetada passa a residir na moradia da não afetada e a não afetada se engaja no programa de reassentamento dentro das modalidades ofertadas (Rio Grande do Sul, 2007).

Indenizações, consistem no pagamento de créditos à(s) família(s) a partir de laudos de avaliação imobiliária, ou seja, por valores de mercado. Entretanto, o reassentamento destas famílias tem que ser monitorado pela PMP.

Na modalidade Indenização ou Reassentamento cruzado, as famílias poderão reconstruir suas casas em lotes criados através do Programa de Lotes Urbanizados.

Processos de reassentamento, acabam provocando, em certos casos, a interrupção das atividades produtivas, quer pela demolição do imóvel onde havia um comércio, oficina, ateliê de costura, etc, e também, com o distanciamento da nova moradia do emprego. Todos estes problemas têm que ser compensados pela PMP.



Uma vez concluído o reassentamento de famílias, o Poder Público deverá criar estratégias para controle da reocupação dos espaços urbanos. O desfazimento integral (inclusive da laje de piso) das moradias é essencial. Os resíduos oriundos destas demolições deverão ser processados e reutilizados e os terrenos resultantes deverão abrigar novos usos ou serem contemplados em Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD's).

Assessoria técnica à iniciativa de autoconstrução

A crônica não perenização das políticas governamentais que viabilizam a produção de habitações sociais obriga as famílias de baixa renda a construir suas moradias por conta própria, através do que convencionou-se chamar de autoconstrução.

Segundo PRAXIS/UFMG, 2011, a "autoconstrução é a provisão de moradia onde a família, de posse de um lote urbano, obtido no mercado formal ou informal, decide e constrói por conta própria a sua casa, utilizando os seus próprios recursos e, em vários casos, mão de obra familiar, de amigos ou ainda, contratada".

Maricato (1982) diferencia os processos tradicionais de construção de moradias, mutirão e ajuda mútua, reconhecidos como solidários, cooperativos e de base rural e os diferencia da autoconstrução habitacional nos grandes centros urbanos, inclusive, denominando essa modalidade de construção "arquitetura possível".

Dos 96.251 (IBGE, 2010) domicílios que abrigam a população de Petrópolis, de acordo com o último censo, não existe uma quantificação do percentual destes domicílios que foram construídos através de autoconstrução. Entretanto, se for realizado um diagnóstico superficial nos assentamentos precários espalhados nos cinco distritos do Município, é fácil concluir que quase a totalidade das moradias foi construída através dessa modalidade de produção habitacional.

Assim, de forma pragmática as famílias, quer seja pela baixa renda, pelas dificuldades burocráticas de inserção em programas formais, ou pela baixa oferta de imóveis pelos programas governamentais, ou ainda, por opção, acabam optando pela autoconstrução para o provimento à casa própria.



Assim, a autoconstrução toma o lugar da principal modalidade de provimento de habitação social para a população de baixa renda em Petrópolis.

Um diagnóstico superficial das moradias através da autoconstrução revela diversas características destas construções:

- Primeiramente, escolha dos lotes, sem entrar no mérito da legalidade do parcelamento, muitos lotes encontram-se em áreas de risco alto e muito alto de movimentos de massa, faixas marginais de proteção de rios e córregos, suscetíveis a enchentes e inundações e, ainda, áreas de Proteção Permanente;
- O arranjo arquitetônico é, via de regra, concebido pelo próprio futuro morador ou pela experiência do construtor (pedreiro) inspirados em plantas de revistas ou disponíveis na rede;
- Raramente as construções são planejadas prevendo-se ampliações futuras;
- A implantação das moradias ocorre de forma inadequada, mutilando-se os terrenos e deixando taludes de corte e aterro instáveis;
- As fundações, na maioria diretas do tipo sapatas, são empregadas de forma padronizada para todo o tipo de terreno e assentadas de forma empírica, sem qualquer tipo de investigação geotécnica prévia;
- As estruturas invariavelmente são executadas sem projeto, contudo apresentam grande variabilidade quanto à concepção, desde estruturas de concreto armado superdimensionadas, até estruturas esbeltas, um misto de alvenaria autoportante e alvenaria de vedação;
- As instalações hidrossanitárias em partes aparentes, oferecem risco permanente de vazamentos. As instalações elétricas são improvisadas e oferecem risco de curtos-circuitos;
- Contradição entre revestimentos internos de alto padrão e, falta de revestimento externo da alvenaria;



- Não há preocupação com a drenagem de águas pluviais, captação de águas dos telhados e das águas lançadas pelos vizinhos de montante;
- Os muros de contenção obedecem à tipologia única empregando a construção de painéis de blocos de concreto simples emoldurados por colunas e vigas de concreto armado e algumas vezes são construídas com ancoragens passivas;
- Observa-se muito desperdício de materiais;
- Em geral, a qualidade das construções é baixa;

Diante deste quadro de precariedade da maior modalidade de produção de habitação social, existe a necessidade de o poder Público se aproximar destas famílias, apoiar e assessorar o processo de autoconstrução.

O Poder público pode assessorar as famílias nos seguintes aspectos do processo de autoconstrução:

- Escolha dos lotes em áreas seguras, inclusive montagem de cadastro de lotes;
- Orientação quanto as formas de financiamento disponíveis para a compra de materiais e/ou contratação de mão-de-obra;
- Orientação e Educação Financeira;
- Ajuda na escolha da tipologia da habitação adequada ao lote, desde uma casa embrião com possibilidade de ampliação, e também reforma ou ampliação de construções existentes;
- Treinamento dos membros da família e vizinhos em técnicas construtivas;
- Reciclagem dos construtores (pedreiros) das comunidades para disseminação de técnicas construtivas e treinamento de serviços específicos;
- Assistência da família durante a autoconstrução.



Dos pontos elencados acima para assessoramento pelo Poder Público às iniciativas de autoconstrução a questão Central para o sucesso deste modelo é o financiamento, tanto das famílias, quanto do próprio assessoramento.

Via de regra a poupança própria das famílias vem sendo a forma de financiamento encontrada além do autofinanciamento e os recursos para a aquisição do terreno e de materiais de construção, remuneração de mão de obra qualificada. Outras formas de financiamento podem ser utilizadas:

- Financiamento pelo poder público – banco de materiais de construção;
- ONG’S e OSCIP’S;
- Cooperativas de Crédito;
- Crédito Individual CEF;
- Mercado Privado;
- Microcrédito.

Algumas prefeituras costumam disponibilizar parte dos recursos do Fundo Municipal de Habitação na aquisição de Kits de materiais de construção para a doação às famílias para iniciativa da construção da casa própria. Infelizmente, muitas destas iniciativas acabam desvirtuadas para o clientelismo, pois, o fornecimento dos materiais não é acompanhado pelo controle e assistência de técnicos.

A falta de controle e assistência técnica acaba incorrendo em desvios de finalidade que acabam comprometendo a qualidade da construção e alimentam esquema de corrupção.

O financiamento de ONG’S e OSCIP’S é bastante limitado quanto à recursos, pois, normalmente dependem de doações do setor privado e de instituições beneficentes.

As cooperativas de crédito envolvem sindicatos, ou associações são uma boa alternativa, entretanto, limitam-se a apoiar o trabalhador formal sindicalizado. Promovem a aquisição de materiais no atacado e repassam as famílias beneficiadas de



forma parcelada e supervisionada. Não são recursos de fundo perdido, são onerosos e o trabalhador paga à cooperativa através de um parcelamento.

O crédito individual é a forma mais difundida de financiamento, entretanto, não alcançava as famílias de baixa renda, pois, mesmo em bancos públicos carecia de uma análise de risco de crédito. Atualmente, a Caixa Econômica Federal tem criado oferta de crédito mais desburocratizada com o Construcard. Além de materiais de construção, o Construcard pode ser empregado para a remuneração de mão-de obra qualificada (empiteiras, MEI's) devidamente registrada. O mercado financeiro privado é o que menos alcança este programa, pois as análises de risco de instituições financeiras excluem pessoas de menor renda ou renda informal.

Microcrédito

Nos assentamentos precários, onde, geralmente, não existe a posse formal da terra ou garantias reais que possibilitem o enquadramento em outras modalidades de crédito, o microcrédito surge como alternativa.

Esta modalidade de crédito às famílias de baixa renda está relacionada ao trabalho do economista Muhammad Yunus, iniciada em Bangladesh na década de 70. A iniciativa de Yunus consistiu em conceder crédito de pequenos valores para pessoas em condição de extrema pobreza, substituindo o crédito com juros extorsivos cobrados por agiotas por créditos com condições mais dignas e suportáveis pelos tomadores de empréstimos. Estes créditos se dirigiam, inicialmente, a montagem de pequenos negócios para a geração de renda, em um país em que o emprego formal é muito reduzido.

Esta iniciativa alcançou sucesso em face da grande capacidade empreendedora da população. Após o sucesso desta iniciativa, Yunus agregou parceiros e investidores e fundou o Grameen Bank, instituição financeira que se dedica ao desenvolvimento econômico de Bangladesh. Yunus ganhou o prêmio Nobel da Paz em 2006.

No Brasil, esta iniciativa inspirou a criação, em diversas cidades brasileiras, do “Banco do Povo”, além de iniciativas no terceiro setor, através de instituições Financeiras Associadas à Economia Solidária.



Assistência Técnica e Social

Este trabalho, geralmente, é realizado pelos técnicos das Prefeituras, engenheiros, arquitetos ou técnicos de nível médio e profissionais de assistência social. Normalmente, as equipes direcionadas para este fim são reduzidas e não conseguem atender a grande demanda.

A estruturação de um programa de autoconstrução assistida demanda a montagem de equipes lideradas por engenheiros, arquitetos, técnicos de nível médio e assistindo sociais que coordenam equipes com estagiários destas áreas, ou, na ausência destes, estudantes de nível médio.

A perspectiva de sucesso para o trabalho de assistência técnica e social consiste na capacitação e acompanhamento dessas equipes.

Neste sentido, a Prefeitura pode firmar convênios com as instituições de ensino superior e médio para recrutamento destes estudantes para trabalhos de campo e escritório, inclusive para o treinamento das equipes.

Além disso, a Prefeitura deverá dispor de viaturas para deslocamento das equipes ao encontro das famílias a serem assistidas. Entretanto, todo esse esforço carece de fontes de financiamento para os insumos e despesas de custeio, dentre elas a remuneração dos profissionais e bolsas auxílio para os estudantes.

Convênios com o CREA, CAU ou outras entidades de classe esbarram nas mesmas dificuldades no que tange aos financiamentos. Neste sentido, existe a necessidade de planejamento destes programas afim de levantar os custos e encontrar fontes de financiamento dentro do orçamento da Prefeitura.

Banco de Projetos para a construção em encostas

Conforme mencionado na seção que tratou da viabilização pelo Poder Público Municipal de Lotes Urbanizados e, anteriormente, na Assessoria Técnica e Social às iniciativas de autoconstrução, existe uma grande carência da adoção pelos municípios de tipologias de moradias adequadas às encostas e da assimilação de técnicas



construtivas para a construção em encostas. Neste sentido, existe uma grande demanda para a concepção e elaboração de projetos adaptados à terrenos mais acidentados.

Após a catástrofe de 1988, o IPT(1991) apresentou algumas propostas de habitação evolutiva, a partir de “casas embrião”, de forma a suprir a população deste tipo de referência construtiva. A época, o IPT recomendava que as construções fossem executadas em terrenos com limite máximo recomendável de declividade de 60% (inclinação de 31°). Dentre outras recomendações, o IPT destaca que o movimento de terra deva ser de pequena monta, além disso, parte dos seguintes pressupostos:

- a) Compensação entre cortes e aterros, no sentido de restringir ao próprio lote o movimento de terra, evitando-se, assim, demanda por áreas de empréstimo ou botaforas, além dos custos de transporte dos materiais;
- b) Utilizar cortes de pequenas alturas, dispensando-se, desta forma, a execução de estruturas especiais de contenção;
- c) Conter aterros, através de obras de arrimo adequadas;
- d) Evitar estruturas mais dispendiosas de concreto armado para as fundações, em vista da tendência atual das casas de população de baixa renda em Petrópolis, assentadas diretamente sobre o terreno modelado;
- e) Viabilizar a correta condução de águas pluviais e servidas até as redes públicas de drenagem e de coleta de esgotos.

A figura 46 apresenta um esquema geral de implantação de moradias em encostas, proposto pelo IPT (1991).

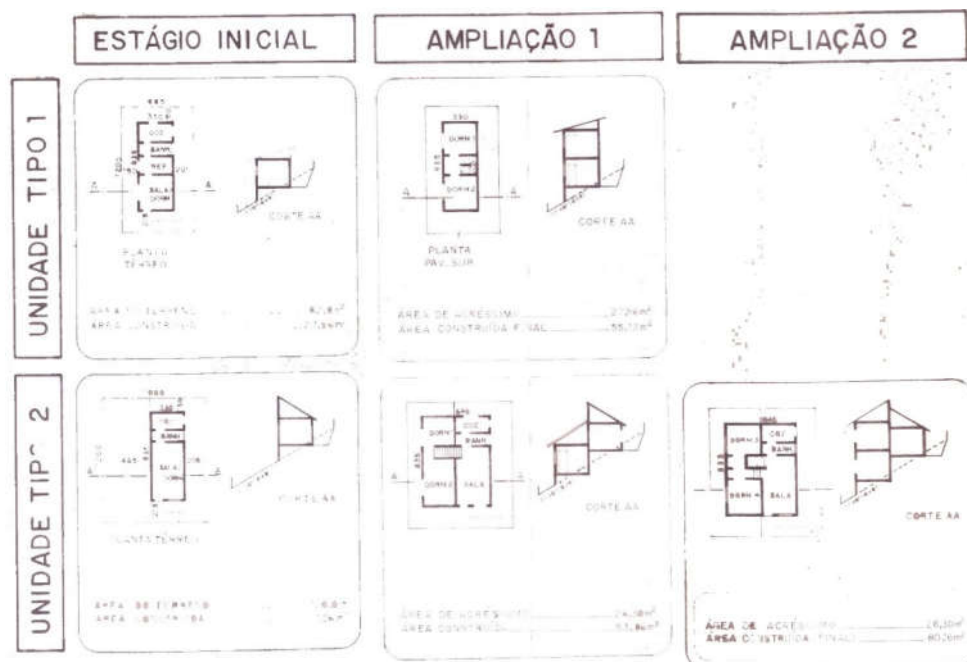


Figura 46 – Esquema geral de implantação de moradias em encostas, IPT (1991)

No que se refere às fundações das moradias implantadas em encostas defende-se a execução de estacas broca com trados manuais ou mecânicos. Esta prática, além de ajudar no conhecimento das características do subsolo, pois, são formas simples de sondar o subsolo, impedem o assentamento das fundações em aterros ou outras camadas fracas, ou ainda, em se detectando a transição abrupta para o substrato rochoso (solo raso sobre rocha), alerta o construtor para uma solução adequada a este tipo de terreno de fundação.

Além da construção de moradias unifamiliares em encostas, existem soluções multifamiliares como a construção em terraços, onde a encosta é escalonada formando patamares onde conjuntos de casas ou prédios podem ser construídos com acessos verticais por escadas ou até planos inclinados.

Esta tipologia de edificação, pouquíssimo empregada no Brasil, entretanto, é largamente empregada em regiões do globo com condições topográficas semelhantes às da região serrana do Estado do Rio de Janeiro.

As figuras 47 e 48, exemplificam estes tipos de edificações em terraços.



Sección 1:350

Figura 47 – Edifício em terraços em Pratteln BL, Suíça (1967)



Figura 48 – Estudo de moradias em terraços, Madame Machado, Petrópolis, RJ – Theopratique®, arquiteta Roberta Santos, concurso OPPTA (2012)

A forma adequada de implantação de moradias em encostas influencia a parcela do risco geológico-geotécnico correspondente ao risco geotécnico pois está associada ao movimento de terra para a implantação das moradias, uma vez que é a parcela correspondente ao risco geológico que está associada aos fenômenos naturais da encosta (movimentos de massa e processos erosivos) inerentes à evolução natural da encosta.

De acordo com FARAH (2003) existe uma estreita relação entre as características da ocupação das encostas e a manutenção ou incremento de suas condições de estabilidade, pois, além das tipologias das moradias que influenciam diretamente no movimento de terra, existem aspectos construtivos específicos relacionados às construções em encostas.



Em resumo FARAH (2003) destaca as principais alterações antrópicas realizadas nas encostas naturais para possibilitar a ocupação urbana:

- Retirada de vegetação, com alteração do ambiente fisiográfico;
- Movimentação de terra, com alteração das características geométricas da encosta. Estas alterações podem expor camadas mais profundas, mais suscetíveis frente a alguns dos processos de instabilização, erosão e ainda solos mais estéreis. Além disso, geram depósitos (aterros) nem sempre com taludes conformados e compactados adequadamente;
- Alteração do regime natural de escoamento e infiltração de águas pluviais, modificando, mais uma vez, o ambiente fisiográfico, gerando, quase sempre, fluxos e lançamentos concentrados de água;
- Introdução de novas fontes de águas superficiais e sub-superficiais associadas a redes de águas e de esgotos, como resultado de vazamentos de fossas negras ou fossas sépticas;
- Deposição de materiais estranhos ao terreno natural (principalmente lixo e entulho), constituindo sobrecargas, principalmente quando encharcados e com comportamento geotécnico que pode alterar o terreno natural.



7 Conclusões

O resgate histórico de uma cidade planejada, à luz do Plano Koeller, com ocupação ordenada de seu território, com a preservação de sua natureza exuberante, mananciais e topos de morro, torna-se imperativo em face a necessidade de redução do risco de movimentos de massa, ou seja, colocar a segurança dos habitantes desta cidade no centro das prioridades e entender que esta atitude é fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Anos acumulados de crescimento das ocupações irregulares e incompreensão de como lidar com a questão do risco geológico-geotécnico geraram um enorme passivo a Cidade. Lugar comum nas médias e grandes cidades brasileiras, o crescimento da cidade informal prevalece sobre a cidade formal por conta de diversas razões ligadas às desigualdades históricas de nosso modelo sócio-econômico e pela cultura política do clientelismo.

A elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco para o 2º, 3º, 4º e 5º Distritos e a revisão deste para o 1º Distrito, revelou que **as áreas de Perigo Alto e Muito Alto representam 18% da área total do Município e as áreas de Risco Alto e Muito Alto, aproximadamente, 10% da área total urbanizada de todos os Distritos de Petrópolis**. Estas relações ajudam a desconstruir a ideia corrente de que toda a população de Petrópolis reside em áreas de risco.



Figura 49 – Gráfico da distribuição das moradias em áreas de risco alto e muito alto e reassentamentos

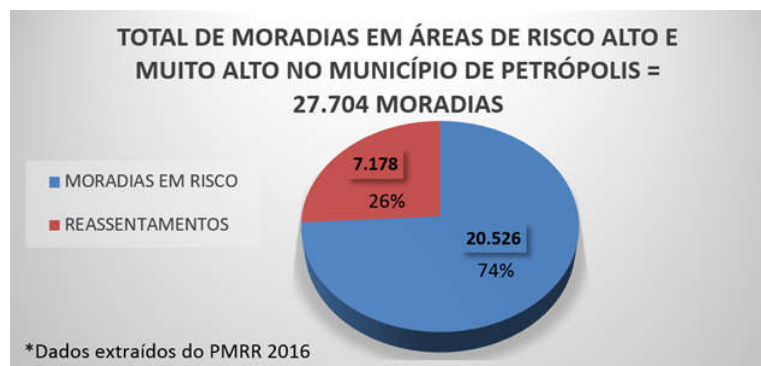


Figura 50 – Gráfico do total de moradias em áreas de risco Alto e Muito Alto no Município de Petrópolis

O trabalho de campo para a elaboração do PMRR comprovou o contínuo crescimento da ocupação das encostas para áreas de Perigo Alto e Muito Alto, áreas estas que se confundem com as áreas de preservação permanente (APP's). Neste trabalho percebeu-se, ainda, no contato com os moradores em áreas de Risco Alto e Muito Alto, uma acentuada falta de percepção e conscientização do risco.

Apesar de todas as dificuldades, o Poder Público Municipal evoluiu muito em sua capacidade de resposta às crises e no planejamento, captação de recursos e fiscalização de obras públicas, ou seja, para implementação de ações estruturais de reconstrução e prevenção. Entretanto, grandes esforços têm que ser direcionados para o aperfeiçoamento e implantação de programas envolvendo ações não estruturais.

Além das razões socioeconômicas, motivos políticos ligados à cultura do clientelismo, acabaram por retardar ou nem empreender ações não estruturais para a redução do risco geológico-geotécnico em Petrópolis. Outro fator contribuinte para uma certa leniência dos administradores públicos no trato do assunto é o caráter cíclico de ocorrência das catástrofes de maior severidade (1966/67, 1988, 2004 e 2011). Ou seja, após a ocorrência de uma catástrofe, vem a comoção, os recursos afluem para as obras de reconstrução, equipes são montadas, investimentos em Proteção e Defesa Civil são realizados. Entretanto, poucos anos depois os esforços declinam até a estagnação.



O QUE PRECISA SER FEITO?

Antes de mais nada:

- Perseguir os resultados, objetivos e metas estabelecidos pela Estratégia Internacional de Prevenção de Desastres, definidos no Marco de Ação de Hyogo (2005-2015) e reafirmados pelo Marco de Sendai para 2015-2030.

Na prática:

- Criar estratégias visando Informar e sensibilizar as famílias que ocupam áreas de Risco Alto e Muito Alto;
- Incorporação do PMRR ao Plano Diretor do Município;
- Congelamento quanto a reformas, ampliações e novas construções em todas as áreas de Risco Alto e Muito Alto definidas no PMRR para todos os distritos;
- Estabelecimento de competências para ações entre as instâncias Federal, Estadual e Municipal, observância da Lei Federal No. 12.608/12;
- Definição da estrutura organizacional e atribuições de cada instância;
- Definição do protocolo de comunicação e forma de articulação entre as instâncias;
- O mais importante: FOMENTO DAS AÇÕES – Quem financia o que e com quanto, ou seja, estabelecimento de uma meta anual com base no orçamento municipal de recursos para ações de redução de risco (prevenção, previsão e proteção), de forma análoga, aos percentuais mínimos gastos em saúde e educação.



Figura 51 – Organogramas de foco e planos de ações para a redução de risco

A QUEM COMPETE FAZER O QUE?

• AÇÕES ESTRUTURAIS PELO MUNICÍPIO

✓ Mitigação:

- Intervenções físicas visando a recuperação de áreas que sofreram acidentes com potencial de propagação ou reativação futura em áreas localizadas;

✓ Prevenção:

- Intervenções físicas nas áreas mapeadas para a redução das ameaças, vulnerabilidades ou da população em risco (reassentamento de famílias) em áreas abrangentes e localizadas;

✓ Habitação

- Produção de unidades habitacionais através do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) em Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS) e outras ações para o aumento da oferta de moradia;



- Desapropriação de áreas e implantação de infraestrutura e urbanização constituindo lotes urbanizados;
- ✓ **Projetos Integrados**
 - Projetos que englobam ações estruturais e não estruturais em áreas abrangentes. Exemplos: Etr. da Saudade (SEHAB-PMP), Morar Carioca (PCRJ).
- **AÇÕES NÃO-ESTRUTURAIS PELO MUNICÍPIO**
 - ✓ **Diagnóstico em monitoramento de risco:**
 - Mapeamento (Mapas de Perigo e Risco) e monitoramento das áreas de risco;
 - Hierarquização do risco para indicação das prioridades de ação em níveis emergenciais ou de curto, médio ou longo prazo;
 - Integração temática de mapas de estado natural;
 - Banco de dados de informações geológicas, geomorfológicas, hidrográficas;
 - Inventário de acidentes e situações de risco;
 - Elaboração de cartas de uso recomendado do solo.
 - ✓ **Institucionais:**
 - Articulação de parcerias com as Universidades; Centros de Pesquisa; ONGs; OSCIPS, clubes de serviço, etc;
 - Articulação com as Associações de Moradores;
 - Ampliação dos Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDECs), de acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Sistema Nacional de Proteção Defesa Civil.
 - ✓ **Plano de contingência**
 - Fortalecer o Comitê de Ações Emergenciais com a participação efetiva da Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil em articulação com a Defesa Civil Estadual de um planejamento para situações críticas: Plano Emergencial de Resposta aos Desastres; realização de simulações; manutenção sistemática com incorporação de melhorias.



✓ **Habitação**

- Elaboração de cadastro de terrenos, estudos de viabilidade e criação de AEIS;
- Assessoria técnica de Engenharia e Arquitetura Social;
- Gestão de processos de regularização fundiária;
- Cadastro técnico-social;
- Aluguel social.

✓ **Controle Urbano**

- Reestruturação da atual Fiscalização de Obras Particulares e Posturas Municipais para atuação na Cidade Informal;
- Monitoramento, através de imagens de satélite, de desmatamentos, terraplenagens e expansão de loteamentos clandestinos;
- Ampliação dos canais de comunicação para o recebimento de denúncias;
- Blindagem contra ingerências externas;
- Estabelecimento de atribuições e instrumentação jurídica para a atuação nos assentamentos informais;
- Objetivos de coibição do adensamento das áreas de risco já cadastradas e impedimento de surgimento de novas áreas de risco.

✓ **Legislação urbana e edificação**

- Revisão da Lei de Uso, Parcelamento e Ocupação do Solo (LUPOS);
- Revisão do Código de Obras através de uma efetiva adequação, principalmente, ao relevo montanhoso predominante na cidade;
- Incorporação de legislação específica para o controle e fiscalização das atividades de empresas e autônomos que trabalham com terraplanagem.

✓ **Capacitação comunitária**

- Treinamento “persistente e incansável” com Exercícios Simulados de Preparação para Desastres;
- Instruir a comunidade de forma que esta venha adquirir uma percepção do risco;
- Incentivo às comunidades a monitorar o risco através dos pluviômetros artesanais;



- ✓ **Educação Ambiental**
 - Introduzir o tema Redução de Riscos na educação (CEPED-UFSC, 2011);
 - Instruir os estudantes de forma a que estes adquiram uma percepção do risco.

- ✓ **Rede e Mídias**
 - Fomentar a construção de redes (CEPED-UFSC, 2011);
 - Promover uma melhor atuação de setores e instituições relacionadas à proteção civil em nível local e facilitar ações de comunicação de risco junto às mídias locais (CEPED-UFSC, 2011).

- **AÇÕES ESTRUTURAIS PELO GOVERNO DO ESTADO**
 - ✓ **Habitação, Infraestrutura e Urbanização**
 - Desapropriação de terrenos indicados pelo Município;
 - Produção Habitacional – CEHAB-MCMV;
 - Execução de obras de infraestrutura e urbanização em projetos de loteamentos populares;
 - Projetos Integrados em áreas abrangentes;
 - Obras de mitigação e prevenção de Riscos em áreas abrangentes;
 - Obras para controle de cheias e inundações;
 - Implantação de Parques Fluviais;
 - Integração de áreas florestadas.

 - ✓ **Central de Monitoramento e Previsão Meteorológica**
 - Implantação de um Centro de Monitoramento e Previsão Meteorológica na Região Serrana para articulação do Sistema de Alerta com a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil (SEMPEDEC);
 - Emissão dos boletins com níveis de alerta;
 - Apoio aos departamentos de Geologia e Geotecnia, Municipais no Mapeamento de Riscos pelo DRM - Serviço Geológico do Estado.

 - ✓ **Fomento e Institucional**
 - Fomento através do Ministério das Cidades, Ministério da Integração Nacional, Ministério do Meio Ambiente, etc;



- Troca de Experiências com outros Estados e Municípios pelo intermédio do Ministério das Cidades;
- Apoio na obtenção de financiamentos externos.

O QUE ATRAPALHA FAZER?

- ✓ **Fragilidades institucionais: União, Estado e Município**
 - Pessoal técnico em quantidades insuficientes, desmotivado e sobrecarregado;
 - Impedimento de desenvolvimento de projetos de médio e a prazo;
 - Estruturas organizacionais de Secretarias ora exageradamente hierarquizadas ora propositalmente enxutas;
 - Perceptível desarticulação e falta de comunicação entre Secretarias e entre as instâncias de governo;
 - Excesso de cargos comissionados ocupando cargos técnicos;
 - Ambiente de trabalho degradado e desestimulante;
 - Desatualização tecnológica;
 - Vulnerabilidade preocupante;
 - Casos de inépcia gerencial.
- ✓ **Desarticulação entre os entes Federal, Estadual e Municipal;**
- ✓ **Falta de projetos;**
- ✓ **Descontinuidade de projetos;**
- ✓ **Excessos burocráticos;**
- ✓ **Indefinição do aporte de recursos;**
- ✓ **Falta de participação das comunidades envolvidas;**
- ✓ **Reduzida percepção de risco pela população;**
- ✓ **Declínio gradual das demandas de ações pela população a medida que a tragédia vai ficando esquecida;**
- ✓ **Interferências político-partidárias.**

COMO ASSEGURAR QUE SEJA FEITO?

- ✓ Reversão do cenário de fragilidade institucional;
- ✓ Articulação entre os três níveis da Administração Pública;
- ✓ Investimento em Projetos;



- ✓ Redução da burocracia;
- ✓ Definição e obrigatoriedade de aporte anual de recursos pela União, Estado e Município;
- ✓ Criação de um fundo municipal para a redução de risco;
- ✓ Obrigatoriedade das sucessivas administrações em dar continuidade aos projetos iniciados;
- ✓ Permanente mobilização da população para o enfrentamento da questão de convivência com os Riscos;
- ✓ Responsabilização dos agentes públicos pela não aplicação dos recursos contingenciados para a Redução de Riscos;
- ✓ Ampliação das atribuições da Secretaria de Habitação com as ações estruturais e não estruturais para a Redução de Riscos.

Enfim, são muitos os desafios para alcançarmos uma plena Gestão de Riscos, reduzir nossas perdas e buscar harmonia com a natureza exuberante que nos cerca e seus perigos. Portanto, sejamos tal e qual a...

"... um salgueiro que se verga na tempestade mas nunca quebra." (Provérbio Japonês)





8 Bibliografia

1. ALONSO, E.E.; GERS, A. & HIGHT, D.W. *Specialproblemsoils*. General Report (Session 5), 9th EuropeanConferenceonSoilMechanics and FoundationEngeneering, Dublin, 1987, Vol.3, pp. 1087-1146;
2. ALONSO, E.E. GERS, A. & JOSA, A. *constitutivemodelforpartiallysaturatedsoils*. Géotechnique, 1990, Vol. 40, pp.405-430;
3. ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes, - **Petrópolis – Um histórico de desastres sem solução? Do Plano Köeler ao Programa Cidades Resilientes**. / Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção. – 2015;
4. CARDOZO, Paola. *Modelagem espacial do risco aos movimentos de massa nos municípios de Petrópolis e Teresópolis (RJ) através da estatística global e local*. São José dos Campos, SP, Brasil, 2014;
5. CARVALHO, C.S. *Gerenciamento de Riscos Geotécnicos em Encostas Urbanas: uma Proposta Baseada na Análise de Decisão*, São Paulo, 1996. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 192 p;
6. CERRI, L.E.S. (1993), *Riscos geológicos associados a escorregamentos: Uma proposta para prevenção de acidentes*. Tese de doutorado e geociências e meio ambiente – Instituto de Geociências e Ciências exatas – UNESP, Rio Claro, 197 p;
7. MACEDO, E.S. OGURA, a.t.; SANTORO, J (2000). *O que é um Plano de Contingência ou Preventivo de Defesa Civil*. In: BRASIL. CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (ONG’S). *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de Políticas Municipais*. Brasília: Ministério das Cidades, Cities Alliance, 2006, p.78-91;
8. CUTTER, S.L., Boruff, B.J. and Shirley, L.W. (2003) *social vulnerability to environmental hazards*. Social Science Quarterly, 84 (2). 242–261;
9. EIRD/ONU (2007) - Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: *Aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres*. Estratégia Internacional para Redução de Desastres/Organizações das Nações Unidas. Protocolo disponível: http://www.integracao.gov.br/cidadesresilientes/pdf/mah_ptb_brochura.pdf [12 jul. 2014].
10. EIRD/ONU(2015)- **Marco de Ação de Sendai para laReducción de Riesgos de Desastres 2015-2030**. Protocolo disponível: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf [13 fev. 2017].



11. EVANS, S.G. & HUNGR, O. *The Assessment of Rockfall Hazard at the Base of Talus Slopes*. Canadian Geotechnical Journal, 30, 1993, pp.620-636;
12. FREDLUND, D.G., MORGENSTERN, N.R. & WIDGER, R.A., *The Shear Strength on Unsaturated Soils*, Canadian Geotechnical Journal, 1978, Vol. 15, no. 3, pp. 313-321;
13. FAO, *La Resiliência de losmedios de vida –Programa marco de ReduccióndelRiesgo de desastres para laseguridad alimentaria y nutritional*, ONU/FAO, Roma, abril, 2013;
14. FREDLUND, D.G. & RAHARDJO, H. *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA, 1993. 517 p;
15. FREDLUND, D.G. *The Stability of Slopes with Negative Pore-water Pressures*. Ian Boyd Donald Symposium, June 7, 1995, Monash University, Melbourne, Australia;
16. GUIDICINI, G. & NIEBLE, C.M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. Edgard Blucher/EDUSP, 1976, p.167;
17. GUHA-SAPIR D; Vos F; Below R with Ponserre S. **Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends**. Brussels: CRED; 2012
18. HUTCHINSON, J.N. *General Report: Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in Relation to Geology and Hydrogeology*. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 10-15 july, 1988, pp. 3-35;
19. IPT – *Estudo Geológico-Geotécnico para Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos para Projetos de Engenharia* (Túneis,Lavras a céu aberto e Barragens),São Paulo (IPT –Relatório,19569).1984;
20. IPT – *Carta Geológica de Petrópolis – Relatório nº 30 399 – Vol. 1* –Prefeitura Municipal de Petrópolis - RJ. 1990;
21. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Manual de Ocupação de Encostas*. Coordenação: Cunha, M.A., São Paulo, 1991, 234 p.
22. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Banco de Dados – Escorregamentos* – Petrópolis, 1940-1990, 1990.
23. LEFEBVRE, G. Fourth Canadian Geotechnical Colloquium: *Strenght and slope stability in Canadian soft clay deposits*. Canadian Geotechnical Journal, 1981, Vol. 18, pp.420-442.



24. LEROUEIL, S & VAUGHAN, P.R. *The congruent effects of structure on the behaviour of natural soils*. Géotechnique, 1990, Vol.40 pp.467-488.
25. LEROUEIL, S., VAUNAT, J.; PICARELLI, L.; LOCAT, J.; LEE, H.; FAURE, R. *Geotechnical Characterization of Slopes Movements. Invited Lecture, 7th International Symposium on Landslides*, Trondheim, Landslides, Senneset (ed), Balkema, Rotterdam, 1996, pp. 53-74.
26. MAÂTOUK, A, LEROUEIL, S. & LA ROCHELLE, P. *Yielding and critical state of a collapsible partially saturated silty soil*. Géotechnique, 1995, Vol. 45, pp. 465-477;
27. MARICATO, Ermínia. *O impasse da política urbana no Brasil*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011;
28. VIEIRA, Francisco Moraes. *Sugestões para um Anteprojeto de defesa da cidade de Petrópolis contra inundações*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro, 1945;
29. NAKAZAWA, V.A. & CERRI, L.E.S. *Os Escorregamentos Ocorridos em Petrópolis - RJ em fevereiro de 1988: Ações Emergenciais*. I Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano, São Paulo, 1990, pp. 325-333;
30. OLIVEIRA, L. C. D. DE, *Análise Quantitativa de Risco de Movimentos de Massa com Emprego de Estatística Bayesiana*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004;1945;
31. PMP, *Plano Local de Habitação de interesse social – PLHIS, Petrópolis, RJ*. Prefeitura Municipal de Petrópolis, Novembro, 2012.
32. TOBIN, G. A & MONTZ, B.E. *Natural hazards: explanation and integration*. New York: The Guilford Press, 1997;
33. TOMINAGA, K.L, Santoro, J.E. Amaral, R.(organizadores) (2009). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo, Instituto Geológico, 196p;
34. VARNES, D.J., *Slope Movement Types and Process*. Chapter 2 in *Landslides: Analysis and Control*, Schuster & Krizek (eds.). Special Report 176:11-33. Washington D.C.: Highway Research Board, 1978;
35. VEYRET, Ivette, *Os riscos: o homem como o agressor e vítima do meio ambiente*. 1ª edição, São Paulo: Contexto, 2007;
36. WALSH, F. *Strengthening family resilience*. The Guilford Press. 1998;

Sites:

- www.mi.gov.br/historico-sedec - Acesso em 3 de novembro de 2016;



- SEDEC, Organograma, 2016. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sec/>. Acesso em 4 de novembro de 2016;
- DGDEC, Organograma, 2016. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rj.gov.br>. Acesso em 4 de novembro de 2016;
- SUOP, Organograma, 2016. Disponível em: <<http://www.suop.defesacivil.rj.gov.br>. Acesso em 4 de novembro de 2016;
- SNPDC, Organograma. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesacivil>
- SEDEC, Histórico da Defesa Civil, 2016. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/histórico/sedec/> Acesso em 4 de novembro de 2016;