VI Congresso CONSAD de Gestão Pública

Centro de Convenções Ulysses Guimarães
Brasília/DF, 16, 17 e 18 de abril de 2013

A ATUAÇÃO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM NA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES NATURAIS



Departamento de Gestão Territorial

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Abril de2013

CPRM
Serviço Geológico do Brasil

A ATUAÇÃO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM NA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES NATURAIS

Autores: **Thales de Queiroz Sampaio**
Jorge Pimentel
Cassio Roberto da Silva
Helion França Moreira

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil
SGAN 603, Conjunto J, Parte A, 1º andar –
CEP: 70830-030 – Brasília – DF
Tel: (61) 3223-1166 / 3223-1059
Fax: (61) 3323-6600
E-mail: thales.sampaio@cprm.gov.br

RESUMO

No Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal (PPA 2012 – 2015), dentre os 4 eixos temáticos – Mapeamento, Prevenção, Monitoramento e Alerta, e Resposta, a CPRM recebeu a incumbência de atuar no primeiro eixo, ou seja, na produção do conhecimento geológico-geotécnico em municípios com alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações. Nesse processo procurou-se dar suporte à prevenção de desastres naturais no país e ao atendimento às necessidades de um planejamento urbano para ocupações futuras identificado com as boas práticas de redução de risco. Assim, atuou em quatro linhas de ação, com total cumprimento às metas estabelecidas em 2012, a saber: 1) Setorização de Riscos a Movimentos de Massa e Inundações, que consiste na identificação e delimitação de áreas urbanas classificadas como de risco Muito Alto e Alto, em escala variável de 1:1000 a 1: 2.000; para processos de rupturas em encostas, enchentes e inundações; 2) Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundações, que indicam no território municipal, as áreas de suscetibilidade Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa para processos de movimentos de massa, enchentes e inundações, na escala 1:25.000; 3) Desenvolvimento e Implementação do Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações – SCDI, que consiste de um sistema para cadastramento de dados georreferenciados referentes a deslizamentos e inundações; e, 4) Cursos de Capacitação de Técnicos Municipais na Gestão de Riscos, constituídos por cursos presenciais de 40 horas, abordando a tipificação e classificação dos processos geológicos geotécnicos e de prática de gestão, visando à minimização dos danos resultantes dos processos de deslizamentos em encostas e de inundações.

1. INTRODUÇÃO

O planeta Terra está passando por um aumento na frequência e magnitude dos eventos naturais em decorrência de processos geodinâmicos internos e externos. Os internos são motivadores das erupções vulcânicas, terremotos e tsunamis, os externos são responsáveis pela variação climática, cujos efeitos podem ser agravados pelas intervenções humanas.

Os desastres naturais podem ocorrer em qualquer país, em razão dos fenômenos naturais que os desencadeiam, como tempestades, terremotos, vulcões, ou ainda em função da vulnerabilidade do sistema social.

Estudos revelados no relatório, produzido em 2007, no Emergency Events Database (INPE, 2013), indicaram que a maioria dos desastres em questão ocorre em países em desenvolvimento e, em grande parte, motivados pelo elevado adensamento populacional em áreas de risco (figuras 1).



Figura1: Desastre na região serrana, ocorrido em 11/01/2011, Bairro da Posse-Teresópolis - RJ

Atualmente, a sustentabilidade das cidades representa um dos maiores desafios ambientais. A expansão urbana intensa nas últimas 5 décadas - fruto do êxodo rural, ocupações em áreas de risco, ações deletérias sobre o quadro físico e sobre o tecido urbano – converge para desafios de planejamento e gestão, que imprimam um novo

modelo de desenvolvimento capaz de emprestar uma nova imagem às cidades, com novas formas de governar.

Para vencer este desafio é preciso superar a visão de desenvolvimento como simples ato de ocupar espaços, entendendo-o sim, como possibilidade de uma construção sustentável: econômica, social e ambiental.

Segundo o PPA 2012 - 2015, os eventos catastróficos que, de forma recorrente, afetam regiões brasileiras sujeitas a intensas e/ou prolongadas precipitações, representados por processos naturais, sociais (ocupações em áreas de risco) ou induzidos de natureza geotécnica, envolvendo rupturas em encostas, enchentes e inundações, contribuíram para que fosse reconhecida a importância das características geológico-geotécnicas como informação fundamental para a aplicação de políticas públicas visando o planejamento do uso do solo urbano. Com vistas a minimizar os danos resultantes de eventos pluviométricos extremos, faz-se necessária a tomada de decisões tanto de caráter estrutural, como de ações não estruturais, em que se destacam os procedimentos de cunho preventivo.

Assim, é necessária a realização de mapeamento geológico-geotécnico para subsidiar o planejamento do uso do solo (Planos Diretores Municipais), fornecendo informações e orientações geotécnicas do meio físico para os mapeamentos de risco nos municípios afetados por processos de instabilidade de encostas e de cheias, bem como outras intervenções, tais como a adequada expansão urbana, a implantação de aterros sanitários, etc.

O estudo geológico-geotécnico consiste em um documento cartográfico que contém os diferentes compartimentos geotécnicos, cujas diferentes características e propriedades resultam em distintas respostas frente às solicitações de um determinado empreendimento ou intervenção. Indica, ainda, alternativas técnicas para que as modificações impostas ao meio físico sejam realizadas da forma mais adequada, técnica e economicamente. Nesses estudos, são incorporadas e tratadas as informações geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, principalmente as pluviométricas e fluviométricas. Também é efetuada a integração dos cadastros já existentes de deslizamentos (Figura 2), inundações e enchentes, bem como a inserção de novos cadastramentos em todo o território, através do Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações (SCDI). Estes dados contemplarão informações detalhadas de caráter geológico-geotécnico das áreas de riscos do Brasil, os quais serão interligados ao sistema da Defesa Civil (PPA2012 - 2015).



Figura 2: Escorregamentos planares seguidos por corridas de detritos, Córrego Dantas, Nova Friburgo, 2011

A evolução histórica dos principais Serviços Geológicos do mundo revela que ao longo do tempo tais instituições passaram por processos marcantes de mudanças em suas funções, evidenciando que os seus objetivos iniciais e as transformações sofridas foram regidos pela busca da perfeita integração dos anseios da sociedade e as peculiaridades regionais e sociais dos seus países.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que vinha produzindo tradicionalmente conhecimento geológico e hidrológico básico, através de uma perspectiva de compreensão da geologia e dos recursos minerais do país voltadas para a produção de riqueza econômica com os consequentes benefícios para toda a sociedade brasileira, direciona a sua atenção para novas demandas, agora no campo dos desastres naturais, responsáveis por expressivos danos, de caráter social, econômico e ambiental em nosso país.

Neste particular, a CPRM que sempre esteve comprometida em participar de novas frentes de ações e desafios, que dependam do conhecimento do meio físico e que criam

demandas por soluções sustentáveis, passa a atender os mais legítimos interesses e necessidades do país e da sociedade.

É neste novo contexto social que a CPRM está cumprindo suas obrigações institucionais, ampliando e consolidando sua atuação em estudos do meio físico, onde o foco é o cidadão, a partir de um problema concreto na sociedade, referente às fragilidades e vulnerabilidades dos espaços urbanos frente a desastres naturais.

Em decorrência, a partir das novas frentes de capacitações desenvolvidas na empresa, na área de riscos geológicos, a CPRM foi convocada, pelo Governo Federal, a participar em estreitas parcerias com o Ministério da Integração Nacional, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Ministério das Cidades, Ministério da Defesa, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, sob a coordenação da Casa Civil da Presidência da República, na realização de ação emergencial em municípios selecionados onde se registram graves desequilíbrios socioeconômicos, por contemplarem processos e fenômenos, como deslizamentos, inundações, com vistas a subsidiar os agentes envolvidos na análise, gerenciamento e intervenção de áreas de riscos.

No âmbito das parcerias destacam-se os excelentes trabalhos dos órgãos estaduais de Geologia (DRM-RJ, IG-SP, IPT-SP e MINEROPAR) e de defesa civil, no desenvolvimento dos mapeamentos de riscos geológicos em seus estados.

Dentro deste espírito é que o Serviço Geológico do Brasil-CPRM disponibilizou 60 geólogos, geógrafos e engenheiros para atuar nesta ação, que se iniciou em 07 de novembro de 2011, abrangendo 286 municípios até de dezembro de 2012, distribuídos pela maioria dos estados brasileiros, com vistas a proceder à identificação, delimitação e caracterização dos setores considerados como de risco alto e muito alto.

Esta demanda provocou o redirecionamento de pesquisadores que atuavam em várias atividades do SGB tais como: levantamentos da geodiversidade, hidrologia, mapeamento geológico, resultando na reestruturação da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial para agregar a área de Riscos Geológicos e a consequente necessidade de efetuar concurso público em 2013, para a contratação de 50 profissionais para atuar nessa área.

Este artigo registra, de forma sucinta, os resultados alcançados pela CPRM no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, nesse esforço de saudável parceria entre diversas instituições governamentais na construção e implementação de estratégias que reforcem a imperiosa necessidade de planejamento territorial, principalmente urbano, para disciplinar a ocupações futuras.

.

2. OBJETIVOS

Inserido no Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres o Ministério de Minas e Energia, por intermédio da CPRM tem por objetivo efetuar até 2014, parte dos estudos geológico geotécnicos (PPA 2012- 2015), através do mapeamento de risco nas áreas urbanas em 821 municípios e a suscetibilidade em 286 municípios considerados críticos, com foco naqueles recorrentemente afetados por inundações, enxurradas e deslizamentos, visando contribuir para a total ou no mínimo diminuição das perdas de vidas e materiais relacionadas a desastres naturais.

As informações levantadas pela setorização de riscos têm por objetivo disponibilizar ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, as áreas identificadas como de alto e muito alto risco a deslizamentos e enchentes, para que o mesmo possa emitir alertas prevenindo as comunidades da forte possibilidade da ocorrência de desastres.

Também envia as referidas informações para as ações de prevenção e respostas do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD/Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC a cargo do Ministério da Integração Nacional, bem como a elaboração de cartas geotécnicas a serem integradas aos planos diretores municipais visando o planejamento adequado do uso e ocupação do solo e intervenções através de obras de contenção nas áreas indicadas pela setorização, sob a responsabilidade do Ministério das Cidades.

A carta de suscetibilidade a movimento de massa e inundações objetiva disponibilizar aos gestores municipais, estaduais e federais, informações para o planejamento adequado da expansão urbana, indicando às áreas inaptas e as adequadas à urbanização. Assim, evitando o aumento das áreas de riscos nesses municípios que apresentam muito alta, alta e média suscetibilidade em relação a movimentos de massa, enchentes e inundações de alta energia.

O SCDI visa elaborar um banco de dados dos eventos ocorridos, tabulando os dados históricos para contribuir no conhecimento dos processos geológicos e na elaboração de programas e projetos para a gestão dos riscos geológicos dos municípios.

Os Cursos de Capacitação de Técnicos Municipais na Gestão de Riscos pretendem transmitir conhecimentos relativos aos tipos e classificação dos processos geológicos geotécnicos e práticas de gestão aos técnicos municipais e/ou defesa civil, visando à

conscientização dos moradores das áreas de riscos e para minimizar os danos resultantes dos processos de deslizamentos em encosta e inundações.

3. METODOLOGIA

3.1Setorização de Riscos

Os procedimentos adotados para a setorização de riscos em região urbana foram realizados em escala de detalhe, variando de 1:2.000 a 1:1.000, iniciando-se pela utilização de sensores remotos e bases cartográficas, bem como de bibliografia disponível, para o reconhecimento preliminar. A seguir é efetuado contato institucional com SEDEC/COMDECs para efetivar a necessária integração de técnicos municipais e de Defesa Civil com os pesquisadores da CPRM, constituídos por duplas de geólogos e/ou geólogos e geógrafos ou engenheiros hidrólogos, que juntos percorrerem o município, principalmente a área urbana e periurbana, para identificar os setores de risco alto e muito alto a movimentos de massa e/ou sujeitas a processos de inundação.

A setorização consiste em um polígono envolvendo a porção de uma encosta ou planície de inundação com potencial para sofrer algum tipo de processo natural ou induzido, que possa causar danos, e será delimitado sobre imagens e/ou fotografias. Em continuidade são elaborados os *mapas* (pranchas) de setorização (no formato A3) com fotos do setor relativas aos indícios observados no terreno e moradias, e outras estruturas urbanas em risco. O referido *mapa* contém a descrição da tipologia do processo e todas as informações para o entendimento dos seus condicionantes.

A seguir é estimado o número de moradias (prédios) e pessoas afetadas ou passíveis de serem afetadas. Também são indicadas as intervenções estruturais/não estruturais, tais como obras de contenção, drenagem, educação ambiental, remoção ou relocação de moradores e moradias, entre outras intervenções.

Na etapa de geoprocessamento, fazendo intenso uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e com o apoio de imagens Google Earth georreferenciadas, ou de imagens de sensores remoto de alta resolução, é gerado o polígono envolvendo as moradias que estão sob risco, com a vetorização em tela. No ambiente SIG são adotados os seguintes parâmetros cartográficos: o Sistema de Projeção: UTM; Datum: WGS-84 (posteriormente os dados são convertidos para coordenadas geográficas para encaminhamento ao CEMADEN).

A finalização dos trabalhos é efetuada através da transferência do conhecimento para os representantes do município e defesa civil, com apresentações e disponibilização das pranchas em pdf impressas (Figura 3) e digital, bem como os dados vetoriais e base de dados (Figura 4) para o próprio município, para o CEMADEN, CENAD, Ministério das Cidades e outros órgãos e instituições integrantes do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal.

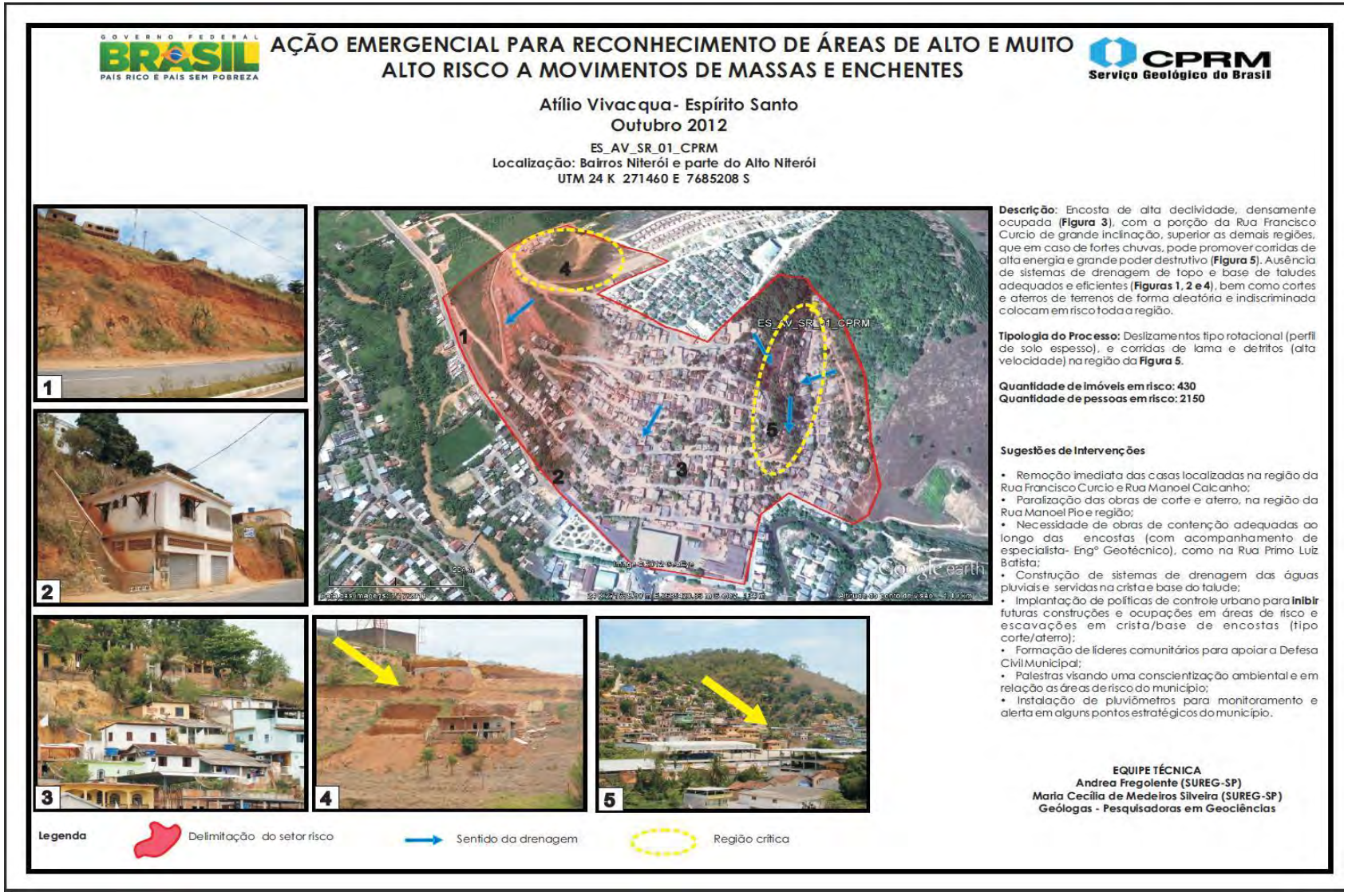


Figura 3: Prancha no formato A3 com a setorização de riscos e descrição dos processos



Figura 04: Setores de risco em ambiente SIG com base de dados de atributos

3.2. Carta Municipal de Suscetibilidade a Movimento de Massa e Inundações

A metodologia para o mapeamento, na escala de 1:25.000, da suscetibilidade a movimentos de massa em encostas e inundações inicia-se com a pesquisa bibliográfica, inventário dos registros de movimentos de massa ocorridos no município e elaboração da carta preliminar, seguido de checagem no campo, finalizando-se no escritório com a reanálise dos dados e construção do SIG associado a banco de dados.

A elaboração da carta é baseada principalmente na constituição litológica e estrutural, nas características e formas do relevo, bem como dos solos de cada município, que devem ser retratadas em um mapa de padrões de relevo. Os elementos do relevo identificados devem estar associados a um mapa de declividades que deverá considerar para a sua elaboração, os seguintes intervalos de declividades: $0^o \rightarrow 2^o$; $2^o \rightarrow 5^o$; $5^o \rightarrow 10^o$; $10^o \rightarrow 20^o$; $20^o \rightarrow 30^o$; $30^o \rightarrow 45^o$; $>45^o$.

As baixas declividades encontradas nos topos e nos sopés das elevações podem, em muitos casos, mascarar situações de suscetibilidade muito alta a alta aos eventos destrutivos analisados. A correção dessas distorções pode ser feita através da analise conjunta de imagens, orto fotos ou bases cartográficas planialtimétricas.

O produto do cruzamento dos mapas de padrões de relevo com os de declividades, por sua vez, deverá ser cruzado com os mapas geológico e pedológico do território municipal, de modo que as características dos solos de cobertura e do substrato rochoso possam ser avaliadas como fatores capazes de transmitir aos terrenos de maior ou menor capacidade de resistência, à deflagração de movimentos de massa nas encostas.

A análise conjunta de todas essas informações permitirá a hierarquização da suscetibilidade a movimentos de massa dos terrenos de cada município mapeado em 5 classes: muito alta, alta, média baixa e muito baixa.

A suscetibilidade a enchentes, inundações e enxurradas também deve ser definida em função das características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas do território de cada município, associadas aos tipos de solos encontrados nas planícies (identificados em mapas pedológicos).

A suscetibilidade a enchentes e inundações nas planícies foi estabelecida com base nos tipos de solos que são encontrados nas mesmas, associados a pequenas variações do relevo. Para tanto, observou-se que os solos gleys em geral mais úmidos, são encontrados sempre mais próximos aos cursos d'água, onde praticamente não há amplitude de relevo, sendo, portanto, os primeiros a serem atingidos por um evento de

cheia. As áreas de ocorrência desses solos foram, por tal motivo, consideradas de suscetibilidade muito alta a tais eventos.

Também com amplitudes muito pequenas, porém um pouco mais elevadas que as áreas descritas acima (<3m), são encontrados os aluviões mais arenosos que constituem os Neossolos flúvicos. Por estarem um pouco acima das calhas dos cursos d'água esses terrenos foram considerados como de suscetibilidade alta a eventos de enchentes e inundações.

Como terrenos de suscetibilidade média a esses eventos foram considerados os terraços de natureza fluvial com amplitudes entre 3 e 10m em relação às calhas dos rios, situados junto aos flancos dos vales. As amplitudes indicam que tais terrenos só devem ser atingidos por eventos de cheias com intensidade superior aos anteriores. Os terraços fluviais situados nas bordas das planícies, com amplitudes superiores a 10m em relação às calhas dos rios foram considerados de suscetibilidade baixa a eventos de enchentes e inundações por ser menor a probabilidade de serem atingidos em relação aos demais terrenos das planícies.

Para as enxurradas foi considerada a suscetibilidade alta a muito alta em todas as drenagens encaixadas em regiões montanhosas, incluindo os domínios das escarpas (frontal e reversa) e os sopés das mesmas. Com base na observação de eventos ocorridos em regiões com esse tipo de relevo, estabeleceu-se que o alcance médio das enxurradas poderá atingir terrenos situados a uma distância aproximada de 25m das margens dessas drenagens (Figura 5).

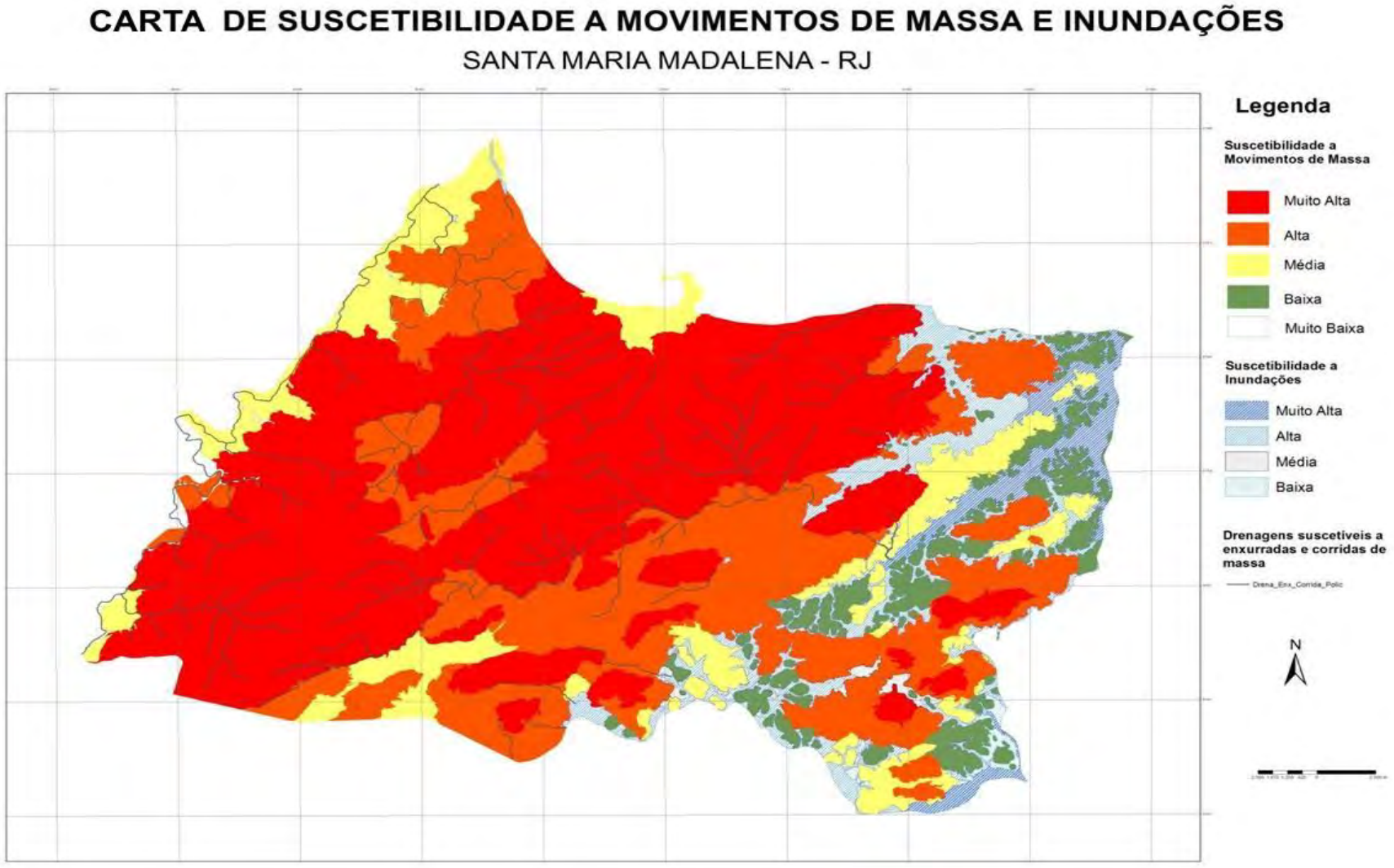


Figura 05: Mapa de suscetibilidades a movimentos de massa e inundações, escala 1:25.000

3.3 Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações – SCDI

Este Sistema foi desenvolvido pela CPRM para utilização pelas equipes de Defesa Civis municipais no cadastramento de eventos ocorridos ou potenciais, relativos a movimentos de massa, inundações e enchentes. O sistema é constituído de diversas telas padronizadas para a inserção de dados, associadas a bibliotecas de atributos. O sistema permite a entrada e o armazenamento de dados, exportação de relatórios no formato PDF e a geração de planilhas XLS e CSV. Também é dotado de recursos de pesquisa e recuperação de dados. O sistema teve seu desenvolvimento concluído e foi implantado em Nova Petrópolis-RS, prevendo-se que será implementado nos municípios brasileiros sujeitos a processos de movimentos de massa, enchentes e inundações de forma a contribuir para a gestão dos processos condicionantes dos riscos, facilitando a padronização e a descrição dos mesmos e criando uma base de dados histórica em cada município onde o sistema for instalado (Figura 6).

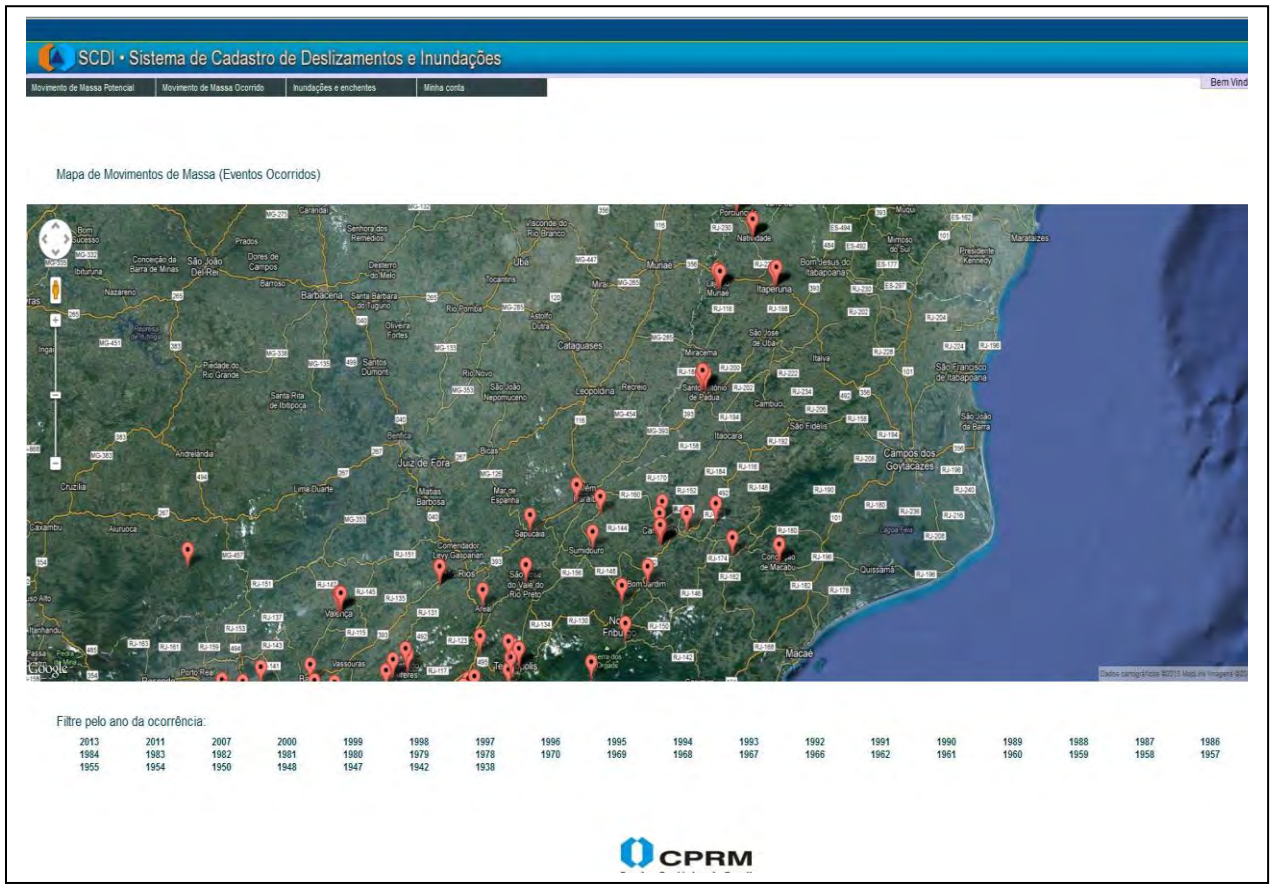


Figura 6: Telas de abertura do Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações – SCDI

3.4 Cursos de Capacitação de Técnicos Municipais na Gestão de Riscos

Em 2007 o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (SGB) firmou Acordo de Cooperação Técnica (ACT) com o Ministério das Cidades, visando o desenvolvimento de ações conjuntas destinadas a promover a capacitação de técnicos municipais para a prevenção de riscos de desastres naturais. Dentre as ações, destaca-se o curso de capacitação de técnicos municipais nas temáticas relacionadas ao diagnóstico, mapeamento e planejamento de intervenções para redução de riscos geológicos. O curso tem por finalidade ampliar o conhecimento desses profissionais sobre os condicionantes desencadeadores, a tipologia dos processos dinâmicos de encostas e de áreas sujeitas a inundações e enchentes, de forma a contribuir para o melhor desempenho de suas funções nos municípios de origem.

Assim, desde 2008, após a finalização do ACT SGB e MCIDADES, a CPRM tem dado continuidade a ação de capacitação de técnicos municipais, principalmente agentes de Defesa Civil. O curso de capacitação tem carga horária de 40 horas, com aulas teóricas presenciais e aula prática de campo, onde se faz a integração entre os conceitos teóricos vistos na sala de aula e realidade das situações de campo. Ao final do curso são distribuídos certificados aos participantes (Figura 9).



Figura 7: Integrantes do curso de capacitação na gestão dos riscos geológicos em Caxias do Sul - RS (out. 2012)

4. ASPECTOS REGIONAIS RELACIONADOS AOS PROCESSOS GEOLÓGICOS PREDOMINANTES

Os trabalhos de setorização de riscos geológicos em 286 municípios, realizados ao longo de 2012, abrangeram vasta área do território nacional, praticamente todas as regiões fisiográficas brasileiras. Assim na região norte foi mapeado 37 municípios, onde se estima que 54.650 moradias e 205.945 pessoas estejam sob riscos. No nordeste foram 63 municípios, 77.692 moradias e 317.074 pessoas. No centro oeste6 municípios, 11 moradias e 52 pessoas. No sudeste 105 municípios, 187.752 moradias e 582.431 pessoas. E, na região sul 75 municípios, 76.348 moradias e 214.001 pessoas encontram-se, como as demais regiões visitadas, sob riscos a deslizamentos e inundações.

O território nacional apresenta uma vasta diversidade do meio físico, condicionada por uma grande complexidade geológica e estrutural, que resulta em uma também marcante diversidade morfológica, com terrenos de variadas formas de relevo. A dimensão continental do Brasil condiciona, também, uma marcante variabilidade e interrelação climáticas que resultam em regiões com diferentes regimes pluviométricos e marcantes diferenças de amplitudes térmicas. A interação entre essas variáveis, entre outras, condiciona também a grande variabilidade dos tipos de solos existentes no território brasileiro.

Assim, resultante dessa grande variedade de características geológicas, morfológicas, pedológicas e climáticas, o território brasileiro apresenta uma também marcante distintas características e propriedades geológico-geotécnicas, que pode de modo simplificado, ser definida como a resposta dos terrenos frente às solicitações de uso e ocupação. Essa variabilidade de características geológico-geotécnica dos solos e rochas do território nacional fica bem evidente quando se busca uma análise integrada dos tipos de processos geológico-geotécnicos predominantes em cada região, abrangendo principalmente aqueles relacionados com a dinâmica de encostas, envolvendo os movimentos de massa, e aqueles resultantes da dinâmica fluvial.

Não considerando as causas, mas apenas constatando que as frequências e as magnitudes dos eventos climáticos, principalmente aqueles relacionados com chuvas intensas e/ou prolongadas, estão ocorrendo com índices de precipitação mais elevados e com intervalos de tempo bastante pequenos, resultando em intervalos de recorrência menores. Associado às questões referentes ao meio físico temos uma cultura social de uso e ocupação dos espaços territoriais onde a população mais carente, e também uma parcela mais abastada, ocupa os terrenos de forma desordenada, realizando intervenções

(cortes e aterros) que favorecem, quando não induzem, o desenvolvimento de processos geológicos (deslizamentos e inundações) que resultam, via de regra em danos sociais e perdas materiais.

Assim, de forma preliminar e buscando delinear um quadro com a distribuição dominante dos processos geológicos e hidrológicos, sob a ótica da geologia de engenharia e riscos geológicos nas diferentes regiões do Brasil, são descritas abaixo os principais processos observados nos trabalhos de setorização de riscos realizada pelas equipes do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Região Sul

Na região sul, envolvendo os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no domínio dos terrenos cristalinos antigos compostos predominantemente por granitóides, gnaisses e migmatitos, cujo relevo dominante é caracterizado pelas escarpas da Serra do Mar, os processos geológicos envolvem principalmente os deslizamentos planares (translacionais) rasos, que ocorrem ordinariamente em encostas de diversos graus de declividade e principalmente nas encostas ocupadas onde foram executados cortes e aterros. Ao longo de vales e talvegues, que se desenvolvem, desde as cabeceiras de drenagem até áreas planas a jusante, pode ocorrer corridas de massa, de alta energia que podem mobilizar grande quantidade de material detrítico. Deslizamentos rotacionais ou circulares podem ocorrer em perfis de solos mais profundos, condicionado por estruturas geológicas, tais como, falhas, fraturas e outras descontinuidades existentes nos produtos de intemperismo (solo residual e saprolito) que atuaram como importante conduto hidrogeológico que potencializa e induz rupturas de taludes dessa natureza (Figura 8).

Nas escarpas rochas basálticas da Bacia do Paraná, formadoras da Serra Geral, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina os processos predominantes consistem das rupturas planares e corridas de massa. Ocorrem também de forma comum os tombamentos e rolamentos de blocos e lascas de rocha. O município de Porto Alegre tem suas porções mais elevadas ocupando terrenos graníticos cujos processos intempéricos resultam comumente na geração de blocos e matacões de rocha que podem ser mobilizados e causar danos. Nesse município é também comum à ocupação desordenada de antigas pedreiras que apresentam grande potencial de causar danos a população.

Nos terrenos sedimentares da Bacia do Paraná ocorrem rupturas planares e processos erosivos que são importantes em relação aos danos materiais, mas raramente resultam em danos a vida. Na região oeste do Rio Grande do Sul importantes focos de arenização ocorrem em diversos municípios, onde os processos erosivos estão intensamente instalados nas rochas sedimentares areníticas. No oeste do Paraná predominam processos erosivos, incluindo ravinas e voçorocas.

Processos de rastejo, que ocorrem disseminados em todos os terrenos da região sul, e são comuns em praticamente todos os domínios geológicos e geomorfológicos na região, e são potencializados e incrementados pelo pisoteio do gado ao longo das encostas, os quais são importantes, pois evidenciam a lenta mobilização do terreno, que pode resultar em severos danos materiais e mesmo a vida, caso evoluam para processo de velocidade e raio de alcance maior, como deslizamentos e corridas de massa.

Nas baixadas e ao longo das planícies fluviais da região ocorrem importantes processos de inundações e enchentes como os recorrentes eventos na bacia do Itajaí- Açu em Santa Catarina que quase anualmente atinge municípios como Itajaí, Brusque, Gaspar, Ilhota, Blumenau, Benedito Novo e outros. Ainda e Santa Catarina a bacia do rio Tubarão igualmente é afetado de forma recorrente por severas cheias. No Rio Grande do Sul todos os rios que formam a bacia do rio Jacuí apresenta histórico de severos eventos de inundações. Nos rios que drenam a região serrana, como o Antas/Taquari, o Caí e Sinos, apenas para citar alguns, apresentam histórico de eventos de rápida elevação do seu nível de água normal, atingindo cotas mais elevadas, com escoamento de alta energia, potencializando danos materiais e sociais.



Figura 8: Rastejo evoluindo para rupturas rotacionais, Vale do Sol-RS. Bressani, 2013

Região Sudeste

A região sudeste apresenta um severo histórico de eventos de movimentos de massa, enchentes e inundações que já resultaram na perda de milhares de vidas e prejuízos materiais de grande monta nos estado de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Com recorrência quase anual a região é afetada por intensas e prolongadas precipitações concentradas nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. A grande diversidade morfológica e o predomínio, na faixa costeira de rochas cristalinas que formam a Serra do Mar, definem e condicionam a tipologia de processos geológicos. Assim, ocorrem de forma predominante os deslizamentos planares (translacionais). Esses processos ocorrem também condicionados pelas formas de ocupação dos terrenos pelas populações de baixa renda através dos cortes e aterros. Rupturas rotacionais (circulares) são mais restritas, sendo condicionadas pelo perfil de intemperismo mais profundo e por estruturas geológicas como falhas, fraturas e outras descontinuidades que atuam como condutos hidrogeológicos.

Em Minas Gerais a grande complexidade litológica, onde a presença de rochas metamórficas como gnaisses, filitos, xistos e itabitritos, apenas para citar algumas, que

apresentam marcante foliação metamórfica que controlam o desenvolvimento de rupturas planares.

Processos erosivos são comuns instalados em relevo de montanhas com altas declividades onde as encostas foram desprovidas da cobertura vegetal para a implantação de pastagens e cultivos diversos. Nesse ambiente, processos erosivos, incluindo ravinas e voçorocas, ocorrem amplamente. No estado de Minas Gerais, principalmente, um novo fator antrópico passa a acelerar o processo erosivo a partir da prática do MotoCross, onde as trilhas das motos desagregam o solo e formam os sulcos iniciais que serão posteriormente ampliados pela ação das águas superficiais. Nas regiões oeste de São Paulo, no domínio das rochas sedimentares da Bacia do Paraná os processos erosivos são condicionados pela agricultura e em municípios específicos, como São Pedro, pela implantação de loteamentos habitacionais sem os devidos estudos técnicos necessários.

Processos de rastejo, que ocorrem disseminados em todos os terrenos da região sudeste, e são comuns em praticamente todos os domínios geológicos e geomorfológicos na região, são importantes, pois evidenciam a lenta mobilização do terreno, e são potencializados e incrementados pelo pisoteio do gado ao longo das encostas, que pode resultar em severos danos materiais e mesmo a vida, caso evoluam para processo de velocidade e raio de grande alcance, como deslizamentos e corridas de massa (Figura 9).

Nas baixadas e ao longo das planícies fluviais da região sudeste ocorrem importantes processos de inundações e enchentes como os recorrentes eventos na bacia do rio Doce em Minas e Espírito Santo, cujos municípios são afetados de forma recorrente por severas cheias. Em São Paulo a bacia do rio Tietê, hoje uma bacia totalmente urbana na região metropolitana da cidade de São Paulo, apresenta histórico anual de severos eventos de inundações. Nos rios que drenam a região serrana tanto em São Paulo, como no Rio de Janeiro, representado pelo rio Paraíba do Sul, apenas para citar alguns, apresentam histórico de eventos de inundações que resultam em elevados danos materiais e sociais.



Figura 9: Corrida de detritos na região serrana, em 11/01/2011, Bairro da Posse-Teresópolis - RJ

Região Nordeste

Na região nordeste do Brasil os processos de rupturas em encostas estão diretamente associado aos hábitos construtivos de ocupação das encostas, tanto em terrenos cristalinos onde ocorrem migmatitos, gnaisses e granitóides como nos sedimentos areníticos terciários do Grupo Barreiras. Em Salvador e Recife, principalmente, o adensamento populacional em áreas de declividade elevada, associada aos cortes e aterros e a falta de infraestrutura urbana condicionam o estabelecimento de deslizamentos planares em cortes e aterros. Ocorrem também, mas de forma mais restrita rupturas circulares, como a que afetou a Av. Eduardo Magalhães em Salvador, que ocorreu sobre litologias muito antigas e decompostas, sendo condicionadas pelo perfil de intemperismo mais profundo e por estruturas geológicas como falhas, fraturas e outras descontinuidades que atuam como condutos hidrogeológicos.

Além dos processos relacionados à dinâmica das encostas, a região nordeste é também afetados por processos relacionados á dinâmica fluvial, onde inundações de alta energia são comuns, principalmente as bacias da região da Mata nordestina, como as que ocorreram em 2010, quando cidades como Jacuípe, Branquinha, Santana do Mundaú e

muitas outras nos estados de Alagoas e Pernambuco, sofreram severos danos materiais e sociais(Figura 10).

.



Figura 10: Inundação do tipo enxurrada (alta energia) de junho de 2010, Jacuípe-AL

Região Centro-Oeste

A região centro-oeste apresenta um histórico menos severo de eventos destrutivos. Essa situação menos grave resulta da sua compartimentação geológica e da morfologia mais aplainada que condicionam processos destrutivos localizados. A vocação para a agricultura e o menor adensamento dos núcleos populacionais de baixa renda também favorecem a maior estabilidade da região. Aliado a isso temos um regime pluviométrico também mais estável.

Na região os processos mais importantes são aqueles relacionados com a erosão dos solos pelo desenvolvimento de ravinas e voçorocas e o assoreamento dos cursos d´água. O regime de chuvas concentrado em determinados meses do ano também pode gerar eventualmente enchentes de alta energia com alto poder destrutivo como a que afetou 184 moradias e o centro histórico de Goiás Velho em 2001 no estado de Goiás.

Região Norte

Nesta região os processos destrutivos relacionados aos riscos geológicos estão concentrados nas áreas urbanas onde, a exemplo do que ocorre nas cidades de Manaus, Belém e Santarém, ocorrem problemas relacionados à estabilidade de taludes de corte que podem causar perdas de vida, onde deslizamentos planares e erosões, representadas por ravinas e voçorocas, ocorrem nos arenitos da Formação Alter do Chão.

Na região o processo mais importante e também o menos conhecido, consiste no fenômeno regional denominado de “Terras Caídas”. Esse processo ocorre amplamente ao longo da bacia Amazônica afetando terrenos recentes onde as populações ribeirinhas e mesmo cidades históricas estão instaladas. O fenômeno de Terras Caídas engloba um conjunto de processos geológicos que inclui desde rupturas simples como o solapamento de margens e o tombamento de blocos de solo nas margens dos corpos d´água, como processos mais complexos envolvendo rupturas rotacionais, tanto em planta como em perfil, que criam verdadeiras enseadas nos locais onde ocorreu o processo (Figura 11). As Terras Caídas resultam da dinâmica de erosão-deposição intrínseca da dinâmica fluvial, onde ocorre a migração lateral do curso d´água, que após ter depositado no passado seus sedimentos. Assim, terrenos sedimentares, definidos como aluviões, compostos por areia, silte e argila, que foram depositados em épocas pretéritas, são submetidos, em tempos atuais, à processos de solapamento, erosão das margens e rupturas rotacionais, como forma de devolução desses sedimentos ao rio, onde serão transportados e depositados em outros locais fechando o ciclo.

Diversas comunidades ribeirinhas e cidades construídas ao longo das planícies aluvionares dos rios na Amazônia são afetadas pelos processos de Terras Caídas, incluindo Santarém, Tefé, São Pedro de Olivença, Oriximiná, e muitas outras. Destaca-se a recente ruptura do porto de Chibatão em Manaus, onde a ruptura do aterro lançou grande quantidade de containeres no rio e com uma vitima fatal.

Além do processo de Terras Caídas as população ribeirinhas da região são anualmente severamente afetadas pelos regimes de cheias dos rios amazônicos.



Figura 11: margem do rio Solimões, vila do Cuia- Anamã - AM, local de ruptura rotacional formando enseadas.

5. CONCLUSÕES

Na atividade de **Setorização de Riscos a Movimentos de Massa e Inundações,** até dezembro de 2012, foram delimitadas as áreas onde há evidências da existência de processos geológicos, incluindo rupturas em encostas e enchentes e inundações em terrenos de baixada, classificadas como de risco Muito Alto e Alto, passíveis de resultarem em danos sociais e materiais. Concluiu-se o trabalho em 286 municípios, nos quais 3.041 setores de riscos, com 347.253 moradias e 1.435.787 moradores em áreas de riscos. Até a presente data, a CPRM colocou à disposição do CEMADEN (MCT), do CENAD (MI), bem como aos municípios envolvidos, conforme descrito no item 3.1, todos os dados relativos à setorização de riscos (em papel e digital) contendo informações sobre o meio físico em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, associado a uma base de dados de atributos, permitindo que os agentes envolvidos disponham de subsídios para emitir alertas, gerenciamento e intervenções de áreas de riscos ou potencialmente perigosas, com o objetivo de proteger vidas, garantir a segurança das pessoas, minimizar os danos decorrentes de desastres e proteger o meio ambiente.

Em 2012, na atividade **Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundações** foram mapeados 2 (dois) municípios, Santa Maria Madalena-RJ e Escada-PE, considerados pilotos para o desenvolvimento de metodologia e treinamento de 6 pesquisadores, os quais serão os multiplicadores para as equipes que irão mapear os restantes 284 municípios em 2013 e 2014.

O **Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações - SCDI** teve a sua etapa de desenvolvimento concluída no final de 2012. Em continuidade, o sistema foi instalado no município de Nova Petrópolis-RS para testes. No decorrer de 2013 será desenvolvido um amplo programa de disseminação, implementação e treinamento na utilização do sistema.

A CPRM realizou 31 cursos de **Capacitação de Técnicos Municipais na Gestão de Riscos** voltado para prevenção e gerenciamento de riscos de desastres naturais, em vários estados brasileiros, no período de 2007 a dezembro de 2012, envolvendo mais de 840 técnicos treinados da Defesa Civil e das Secretarias Municipais.

É importante ressaltar a articulação institucional entre ministérios e órgãos de governos tanto federal, quanto estaduais e municipais, para enfrentar esse grande desafio de minimizar os danos materiais, perdas de vidas e ao meio ambiente, que os desastres naturais vêm produzindo nas últimas décadas. Pode-se afirmar que o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres já representa um auspicioso sucesso, face a excelente integração das instituições envolvidas, bem como da inovadora iniciativa da elaboração democrática e participativa do PPA 2012-2015.

5. BIBILIOGRAFIA

Bressani, L.A. Palestra Processos de deslizamentos. Curso Capacitação Cartas de Suscetibilidade. Curso interno SGB/CPRM. Fev. 2013

INPE, 2013. Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos para a Região Sul do Brasil. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE. Disponível em: http://www.inpe.br/crs/geodesastres/no mundo. Acesso em: 19 mar. 2013.

PPA 2012 -2015. Programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres. SPI/Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília. 2011