

Universidade Federal de Pernambuco



Centro de Tecnologia e Geociências

Curso de Pós-Graduação em Geociências

**Rafael Corrêa de Melo**

**Avaliação de Métodos de Mapeamento de Risco/Perigo à  
Movimentos de Massa no Município de Camaragibe-PE**

Recife  
2019

**Rafael Corrêa de Melo**

**Avaliação de Métodos de Mapeamento de Risco/Perigo à  
Movimentos de Massa no Município de Camaragibe-PE**

Dissertação Apresentada à Universidade Federal de  
Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção  
do título de mestre em Geociências

**Área de Concentração:** Geologia Ambiental

**Orientador:** Prof. Dr. Almany Costa Santos

Recife  
2019

**Rafael Corrêa de Melo**

**Avaliação de Métodos de Mapeamento de Risco/Perigo à Movimentos de  
Massa no Município de Camaragibe-PE**

Dissertação Apresentada à Universidade Federal de Pernambuco  
como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em  
Geociências.

**Aprovado em:** \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMIDORA**

---

Prof. Dr. Almany Costa Santos (Orientador)

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva

---

Dra. Sandra Fernandes da Silva

## Dedicatória

A minha família, pois são meu suporte e minha força.  
Aos meus amigos que me ajudam a passar os  
momentos mais difíceis com boas doses de risadas.

*“Só há duas opções nesta vida: se resignar ou se indignar. E eu não vou me resignar nunca.”*

**Darcy Ribeiro**

## Resumo

Movimentos de massa como os deslizamentos translacionais de terra causam, frequentemente, volumosos prejuízos socioeconômicos e um significativo número de vítimas fatais. O crescimento urbano desordenado, a consolidação da expansão urbana sobre as áreas de risco nas regiões metropolitanas e o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, devido ao aquecimento global, tem agravado a ocorrência desses processos geológicos destrutivos e proporcionado um destaque cada vez maior para a gestão de risco a desastres naturais entre as políticas públicas das grandes cidades. Para contribuir com esta temática, foi proposta, nesta dissertação, a avaliação da aplicabilidade de duas metodologias de mapeamento de perigo a movimentos de massa: a metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, conceitualmente classificada como uma metodologia qualitativa, e a metodologia proposta pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, em um acordo de cooperação entre o governo do Brasil e do Japão, classificada como uma metodologia quantitativa. A partir da análise de três áreas delimitadas dentro do Município de Camaragibe, na região metropolitana de Pernambuco, pode-se avaliar que as metodologias apresentam resultados satisfatórios e fornecem uma setorização de perigo consistente e similar. Entretanto, ainda que as metodologias sejam de fácil aplicação e apresentem resultados consistentes, é imperativa a participação de profissionais qualificados para que o trabalho seja desenvolvido de maneira eficaz e resulte em uma setorização de perigo consonante com a realidade local.

**Palavras-Chave:** Gestão de Desastres; Mapeamento de Risco; Metodologia;

## **Abstract**

Mass movements as translational landslides result, often, in large amounts of socioeconomic damage and in a significant number of fatal victims. Unplanned urban development, consolidation of urban expansion into risk zones of metropolitan areas and the increases of extreme weather and climate events incidence, due to global warming, are factors that have been continuously aggravating the occurrence of these destructive geological processes and, consequently, providing a significant growth of risk management role inside big cities public policy. In order to contribute with this subject, it was proposed, in this thesis, an evaluation of the two risk mapping methodologies for mass movements applicability: one proposed by the Institute for Technological Research, classified as a qualitative methodology, and another proposed by the Geological Survey of Brazil, accrued from the cooperation agreement between the Brazilian government and the Japanese government and classified as a quantitative methodology. From the analysis of three previously defined areas inside the perimeter of Camaragibe City, in Pernambuco's metropolitan area, it is possible to evaluate that both methodologies present satisfactory results and produce a consistent and similar risk zoning. However, even if both methodologies are easily applicable and show consistent results, the participation of qualified professionals is imperative to an efficient project development and to a risk zoning concordant with the local reality.

**Keywords:** Natural Disaster Risk Management; Risk Mapping; Methodology;

## Sumário

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	11
1.3 POLITICAS PÚBLICAS .....	11
<b>2 – MOVIMENTOS DE MASSA E SEUS CONCEITOS</b> .....	18
2.1 GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO .....	18
2.2 CONCEITOS BÁSICOS.....	19
2.3 TIPOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA .....	20
<b>3 – METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE RISCO</b> .....	24
3.1 MÉTODOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS .....	24
3.2 METODOLOGIA IPT-SP (QUALITATIVA).....	25
<b>3.2.1 Produtos de Suporte</b> .....	26
<b>3.2.2 Zoneamento – pré setorização</b> .....	27
<b>3.2.3 Roteiro de Mapeamento</b> .....	28
3.3 METODOLOGIA GIDES-CPRM (QUANTITATIVA) .....	33
<b>3.3.1 Primeira Etapa: Base de Dados e Área de Estudo</b> .....	35
<b>3.3.2 Segunda Etapa: Análise de Perigo na Área de Estudo</b> .....	36
3.4 ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GIDES-CPRM.....	38
<b>4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E INTERESSE</b> .....	43
4.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS .....	43
4.2 GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL .....	43
<b>4.2.1 Embasamento Cristalino</b> .....	44
<b>4.2.2 Formação Barreiras</b> .....	45
<b>4.2.3 Depósitos Aluvionares</b> .....	46
4.3 PROCESSOS EROSIVOS NA FORMAÇÃO BARREIRAS .....	47
<b>5 – RESULTADOS</b> .....	48
5.1 ANÁLISE DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM CAMARAGIBE .....	48
5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉ-SETORIZAÇÃO .....	50
<b>5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES</b> .....	51
<b>5.3.1 Rua Bom Jesus</b> .....	51
<b>5.3.2 Setor Córrego do Paletó</b> .....	58



<b>5.3.3 Setor Alto do Santo Antônio</b> .....	63
5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	69
<b>6 – CONCLUSÃO</b> .....	75
6.1 DISCUSSÕES.....	76
6.2 RECOMENDAÇÕES .....	77
<b>7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	78

## 1 – INTRODUÇÃO

No Brasil, o crescimento urbano desordenado e a consolidação dos grandes centros urbanos trazem grandes desafios ao poder público. Dentre eles, os acidentes envolvendo movimentos de massa são especialmente problemáticos, pois, além de acarretarem em severas perdas financeiras, também podem resultar na perda de vidas humanas. Para minimizar os impactos da ocorrência desses processos, a prevenção se mostra como a melhor estratégia. Identificar os assentamentos com problemas potenciais, espacializar o risco e propor as intervenções necessárias reduzem de forma significativa os acidentes provocados por movimentos de massa.

Para atender às demandas preventivas, várias metodologias de mapeamento de áreas que apresentam perigo de movimento gravitacional de massa foram propostas. Em 2007, o governo federal, através do Ministério das Cidades, propôs a utilização da metodologia qualitativa criada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, consolidada pela publicação “Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rio. O intuito do trabalho publicado pelo instituto era balizar o conhecimento entre os diferentes atores da gestão pública. Os principais órgãos responsáveis pelo mapeamento de risco geológico a movimentos de massa adotaram essa metodologia em seus trabalhos.

Em 2018, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, em um acordo de cooperação entre o governo do Brasil e do Japão, propôs uma metodologia de mapeamento com base nas técnicas utilizadas pelo Japão na gestão de riscos. Essa parceria resultou na publicação “Manual de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa”, cuja proposta é uma metodologia que mescla caráter quantitativo com qualitativo. Nesta metodologia, realiza-se um levantamento prévio através de mapas e ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para gerar um pré-mapeamento, a ser validado em campo. O principal objetivo a ser alcançado por esta proposta é a utilização em larga escala pelas defesas civis municipais.

Essas metodologias foram escolhidas para serem avaliadas devido a sua relevância no cenário de gestão de risco a desastres naturais nacional. O município de Camaragibe foi selecionado no presente trabalho como estudo de caso. Foram escolhidas três áreas preferenciais que foram mapeadas entre os meses de outubro e novembro de 2018, como setores piloto para a aplicação das duas metodologias e posterior comparação. O resultado obtido ressalta o caráter individual de cada metodologia, indicando pontos positivos e negativos de cada uma.

## 1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é analisar, na prática, a aplicação de duas metodologias na confecção de produtos como o Mapa de Perigo e risco, avaliando principalmente a setorização de risco e sua confiabilidade, a partir de áreas previamente definidas segundo o mapeamento de movimentos de massa no município de Camaragibe. Dentre os diversos métodos de mapeamento de risco existentes, nesse estudo será avaliada a metodologia indicada pelo Ministério das Cidades e elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP) pela sua ampla utilização nos trabalhos apresentados no Brasil.

Além da metodologia do IPT, será avaliada àquela criada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em parceria com a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), denominada GIDES-CPRM. Esta metodologia foi proposta no ano de 2018, suas aplicações ainda se mantêm restrita a CPRM, contudo, como é a proposta do serviço geológico do Brasil sua relevância se faz pertinente.

## 1.3 POLITICAS PÚBLICAS

Em 2012, foi editada a lei 12.608 que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. A PNPDEC elenca uma série de obrigações aos atores públicos nas diferentes esferas, acerca do seu papel institucional na redução de risco a desastres, estes incluindo movimentos de massa, sendo um grande avanço no que se refere a gestão de risco a desastres. Contudo a lei precisa de regulamentação, correndo o risco de ter sua aplicabilidade reduzida caso não ocorra logo. Além da formalização do papel institucional de cada ente, a lei determina a incorporação no plano diretor de municípios com mais de 100 mil habitantes, de uma carta geotécnica voltada a aptidão urbana, demonstrando mais uma vez a importância do mapeamento de risco em diferentes escalas e dos diferentes produtos que podem ser apresentados.

A seguir os Objetivos da PNPDEC segundo Brasil (2012):

Art. 5º São objetivos da PNPDEC:

I - reduzir os riscos de desastres;

II - prestar socorro e assistência às populações atingidas por desastres;

III - recuperar as áreas afetadas por desastres;

IV - incorporar a redução do risco de desastre e as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais;

V - promover a continuidade das ações de proteção e defesa civil;

VI - estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização;

VII - promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência;

VIII - monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres;

IX - produzir alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais;

X - estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana;

XI - combater a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e promover a realocação da população residente nessas áreas;

XII - estimular iniciativas que resultem na destinação de moradia em local seguro;

XIII - desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre;

XIV - orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a autoproteção; e

XV - integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente.

A lei também define os limites de atuação dos entes federados, sendo estes:

Art. 6º Compete à União:

I - expedir normas para implementação e execução da PNPDEC;

II - coordenar o SINPDEC, em articulação com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios;

III - promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência;

IV - apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;

V - instituir e manter sistema de informações e monitoramento de desastres;

VI - instituir e manter cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;

VII - instituir e manter sistema para declaração e reconhecimento de situação de emergência ou de estado de calamidade pública;

VIII - instituir o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil;

IX - realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, bem como dos riscos biológicos, nucleares e químicos, e produzir alertas sobre a possibilidade de ocorrência de desastres, em articulação com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios;

X - estabelecer critérios e condições para a declaração e o reconhecimento de situações de emergência e estado de calamidade pública;

XI - incentivar a instalação de centros universitários de ensino e pesquisa sobre desastres e de núcleos multidisciplinares de ensino permanente e a distância, destinados à pesquisa, extensão e capacitação de recursos humanos, com vistas no gerenciamento e na execução de atividades de proteção e defesa civil;

XII - fomentar a pesquisa sobre os eventos deflagradores de desastres; e

XIII - apoiar a comunidade docente no desenvolvimento de material didático-pedagógico relacionado ao desenvolvimento da cultura de prevenção de desastres.

§ 1º O Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil conterá, no mínimo:

I - a identificação dos riscos de desastres nas regiões geográficas e grandes bacias hidrográficas do País; e

II - as diretrizes de ação governamental de proteção e defesa civil no âmbito nacional e regional, em especial quanto à rede de monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico e dos riscos biológicos, nucleares e químicos e à produção de alertas antecipados das regiões com risco de desastres.

§ 2º Os prazos para elaboração e revisão do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil serão definidos em regulamento.

Art. 7º Compete aos Estados:

I - executar a PNPDEC em seu âmbito territorial;

II - coordenar as ações do SINPDEC em articulação com a União e os Municípios;

III - instituir o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil;

IV - identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios;

V - realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios;

VI - apoiar a União, quando solicitado, no reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública;

VII - declarar, quando for o caso, estado de calamidade pública ou situação de emergência; e

VIII - apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.

Parágrafo único. O Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil conterá, no mínimo:

I - a identificação das bacias hidrográficas com risco de ocorrência de desastres; e

II - as diretrizes de ação governamental de proteção e defesa civil no âmbito estadual, em especial no que se refere à implantação da rede de monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das bacias com risco de desastre.

Art. 8º Compete aos Municípios:

I - executar a PNPDEC em âmbito local;

II - coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;

III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;

IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;

V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;

VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;

VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;

VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;

IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;

X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;

XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;

XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;

XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;

XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;

XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e

XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.

Essa formalização das atribuições dos atores públicos apresentam um problema crônico, que diz respeito as capacidades financeiras e de recursos humanos de cada ente. No Brasil a centralização de recursos humanos e financeiros no governo federal, não acompanha as atribuições incumbidas a este ente. Segundo a lei o Governo Federal deve apoiar estados e municípios na identificação das áreas, mas não é obrigado por lei a apresentar o resultado em si. A lei por sua vez é bem dura com os estados e municípios que concentram menor capacidade de recursos financeiros e humanos.

Por isso é importante as parcerias entre governo federal, estados e municípios. Entretanto, programas de capacitação de pessoal, destinação de verbas para obras de infraestrutura e contenção, bem como a dificuldade de o município ter um quadro técnico de qualidade são problemas a serem resolvidos e que estão longe de serem superados.

Nos municípios, a defesa civil é o principal órgão a colocar em prática as políticas de prevenção de desastres naturais. Quando não há sua estruturação adequada, geralmente o levantamento do histórico de ocorrências fica prejudicado, pois o banco de dados das ocorrências não é alimentado ou simplesmente não existe. Quando a defesa civil não está dentro



da administração municipal como secretaria, ela sofre com falta de verba e pessoal. Quando esta se estrutura como coordenadoria ou subsecretarias, a instabilidade política causada por mudanças de governo, implicam em mudanças na estrutura organizacional o que dificulta manter uma linha de atuação consistente.

## 2 – MOVIMENTOS DE MASSA E SEUS CONCEITOS

### 2.1 GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

As grandes regiões metropolitanas brasileiras estão sob forte pressão devido ao crescimento demográfico e concentração da população nessas regiões. Fatores econômicos, políticos e sociais levam as pessoas a se instalarem ou migrarem para os grandes centros urbanos, acarretando problemas graves de urbanização. Segundo o IPT (2007, p. 15), em linhas gerais, o problema das áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações nas cidades brasileiras pode ser sintetizado nos itens abaixo:

- Crise econômica e social com solução a longo prazo;
- Política habitacional para baixa renda historicamente ineficiente;
- Ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo;
- Inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis aos riscos mencionados;
- Inexistência de apoio técnico para as populações;
- Cultura popular de “morar no plano”

Para minimizar os impactos gerados por conta desses problemas, há três linhas de atuação que o poder público deve se nortear. As premissas básicas dessa atuação técnica são no sentido de eliminar/reduzir o risco, evitar a formação de novas áreas de risco e, no caso de não haver como aplicar os dois primeiros, conviver com a área de risco com monitoramento constante.

Eliminar/reduzir o risco: Trata-se de identificar os processos geológicos atuantes em determinado setor e, através de intervenções estruturais, reduzir ou eliminar o problema causado pelos processos identificados. Em geral, deve-se analisar o custo benefício de implantação da obra, visando o equilíbrio entre implantar a intervenção ou retirar os moradores do local expostos ao risco.

Evitar a formação de novas áreas: Nesse caso é necessária efetiva participação do poder público no ordenamento territorial, através de fiscalização efetiva para não permitir a ocupação em áreas irregulares, a implementação de um plano diretor indicando os vetores de crescimento do

município além de cobrar a aplicação de diretrizes técnicas que possibilitem a ocupação em áreas susceptíveis a deslizamentos e inundações.

Convivência com o risco: Em caso de comunidades já instaladas e consolidadas, onde há a exposição ao perigo de deslizamentos, mas que, por motivos variados, não é possível implantar intervenções estruturais, é necessário o convívio. Nesse caso a defesa civil tem papel importantíssimo em planejar ações de emergenciais, treinar e capacitar servidores e a própria população em como agir durante eventos de deslizamentos generalizados, além de implementar um plano de contingência sólido na comunidade afetada.

## 2.2 CONCEITOS BÁSICOS

Os conceitos e termos utilizados pelos profissionais de geologia de engenharia, apresentam variações e divergências. Na maioria dos casos, não há unanimidade na utilização dos termos. Dessa forma, dentre as diversas classificações que existem na literatura, será adotada neste trabalho a proposta por Augusto Filho (1992), pois expressa da melhor maneira os processos encontrados no Brasil. Alguns conceitos além da classificação dos tipos de deslizamentos, são muito importantes como os descritos em IPT (2007):

**EVENTO:** “Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais. ”

**PERIGO (HAZARD):** “Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável”

**VULNERABILIDADE:** “Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. ”

**SUSCETIBILIDADE:** “Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência. ”

**RISCO:** “Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. ”

**ÁREA/SETOR DE RISCO:** “ Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos a integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto

das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários). ”

**TALUDES NATURAIS:** “São definidos como encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e/ou rocha, de superfície não horizontal, originados por agentes naturais. ”

**TALUDE DE CORTE:** “ Definido como um talude, resultante de algum processo de escavação executado pelo homem. ”

**TALUDE DE ATERRO:** refere-se aos taludes originados pelo aporte de materiais, tais como, solo, rocha e rejeitos industriais ou de mineração

### 2.3 TIPOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Os tipos de deslizamentos proposto por Augusto Filho (1992) estão indicados no quadro 01.

Quadro 01 – Tipos de movimento gravitacional de massa e suas principais características.

Processos	Características do Movimento, Material e Geometria
Rastejo ("creep")	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vários planos de deslocamento (internos)</li> <li>• Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade</li> <li>• Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes</li> <li>• Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada</li> <li>• Geometria indefinida</li> </ul>
Escorregamentos ("slides")	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poucos planos de deslocamento (externos)</li> <li>• Velocidades médias (m/h) a altas (m/s)</li> <li>• Pequenos a grandes volumes de material</li> <li>• Geometria e materiais variáveis</li> </ul> <p>Planares ⇒ solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza</p> <p>Circulares ⇒ solos espessos Homogêneos E rocha muito fraturadas</p> <p>Em cunha ⇒ solos e rochas com dois Planos de fraqueza</p>
Quedas ("falls")	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem planos de deslocamento</li> <li>• Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado</li> <li>• Velocidades muitas altas (vários m/s)</li> <li>• Material rochoso</li> <li>• Pequenos a médios volumes</li> <li>• Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.</li> <li>• Rolamento de matação</li> <li>• Tombamento</li> </ul>
Corridas ("flows")	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação)</li> <li>• Movimento semelhante ao de um líquido viscoso</li> <li>• Desenvolvimento ao longo das drenagens</li> <li>• Velocidades médias a altas</li> <li>• Mobilização de solo, rocha, detritos e água</li> <li>• Grandes volumes de material</li> <li>• Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas</li> </ul>

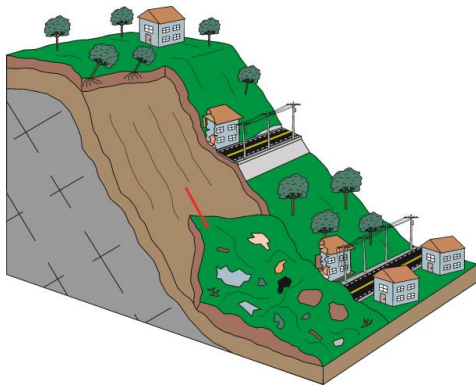
Fonte: Augusto Filho (1992).

Rastejo: São movimentos lentos que mobilizam grandes quantidades de material. As movimentações são da ordem de centímetro a milímetro por ano. Este processo atua desde horizontes superficiais até profundidades maiores nos solos, bem como nas regiões de transição solo rocha. Também atua em massas de solos transportados coluvionares e depósitos de talús. Este processo não apresenta uma superfície de ruptura definida e as evidências da ocorrência deste tipo de movimento são trincas.

Deslizamentos Translacionais e Rotacionais: São os principais processos de formação e evolução das paisagens. São caracterizados por movimentos rápidos com limites laterais e profundidades bem definidos identificado por uma superfície de ruptura (Figura 01 e 02). A massa mobilizada pode ser facilmente cubada por seu volume e composição, variando de solo

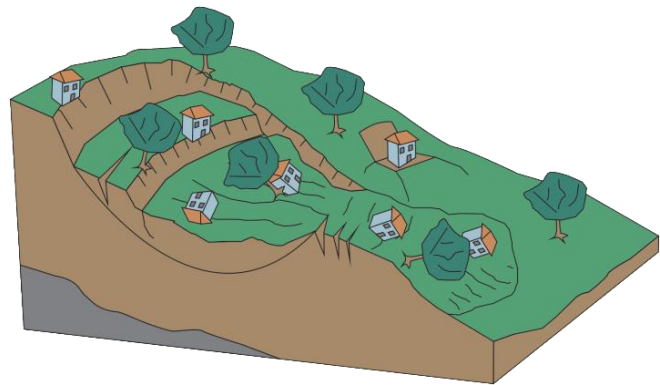
residual a rocha muito alterada. Seu principal agente deflagrador é a água, em geral, durante eventos de chuva extrema associado a saturação préterita do solo. Os deslizamentos podem ser classificados como planares ou translacionais, circulares ou rotacionais, em cunha e os induzidos. A geometria destes movimentos varia em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura.

Figura 01 – Desenho esquemático de um deslizamento translacional.



Fonte: CPRM (2018)

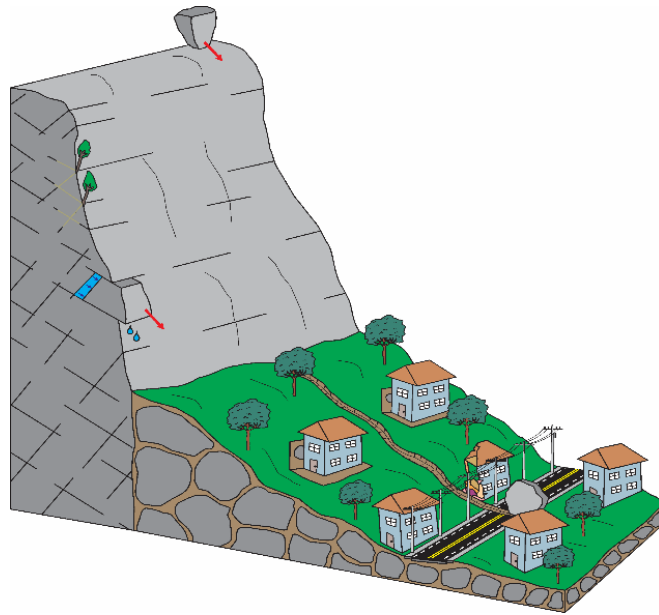
Figura 02 – Desenho esquemático de um deslizamento rotacional.



Fonte: CPRM (2018).

Quedas: São movimentos muito rápidos na ordem de metros por segundo (Figura 03). Envolvem a projeção de blocos ou lascas em queda livre, em escarpas ou paredões rochosos. A sua ocorrência está relacionada na maior parte pelas amplitudes térmicas, por meio da dilatação e contração da rocha, a subpressão por meio do acumulo de água, descontinuidades ou penetração de raízes. O tombamento, também acontece em encostas/taludes íngremes de rocha, com descontinuidades (fraturas, diaclases) verticais.

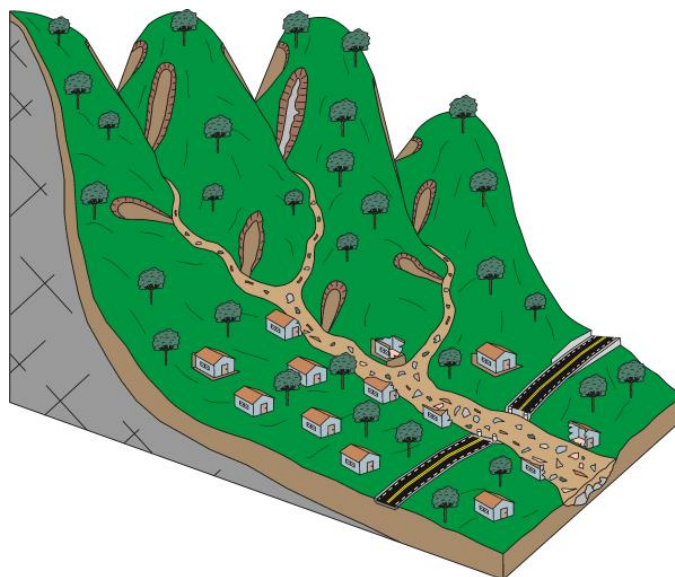
Figura 03 – Desenho esquemático de uma queda de bloco.



Fonte: CPRM (2018)

Corridas de massa: São movimentos complexos caracterizados por deslizamentos sucessivos que alcançam uma drenagem e se propagam ao longo de seu eixo (Figura 04). Ocorrem, em geral, em eventos de chuva extrema, mobilizam grandes volumes de material, são muito destrutivos e podem se propagar por quilômetros. As corridas de massa abrangem uma gama variada de denominações na literatura nacional e internacional (corrida de lama, corrida de detritos, corrida de blocos, etc.), principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam.

Figura 04 – Desenho esquemático de uma corrida de Massa.



Fonte: CPRM (2018)

### 3 – METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE RISCO

#### 3.1 MÉTODOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS

Segundo Aleotti e Chowdhury (1999), métodos qualitativos são aqueles baseados na experiência do profissional ou grupo que está realizando o trabalho e se baseia em uma análise subjetiva das áreas em relação a sua suscetibilidade e perigo de ocorrer um evento. A vantagem clara deste método é sua simplicidade, uma vez que basta um profissional experiente no campo e algumas poucas informações para o trabalho ser realizado com relativo sucesso. Obviamente que, por depender da experiência tácita de cada um, fica difícil a comparação com outros mapas confeccionados por outros profissionais.

Em geral, para se chegar ao produto final, que é o mapa de Perigo no caso analisado neste trabalho, o profissional precisa se basear em algumas informações como mapa litológico, mapa geomorfológico, mapa de declividade, uso e ocupação do solo, dentre outros. Quanto mais informações pretéritas, melhor será o resultado do trabalho. Contudo, nenhum dos produtos de suporte tem peso determinante. Caso não exista determinado produto, como um mapa geomorfológico por exemplo, não impedirá a realização do trabalho.

O método quantitativo, por sua vez, também segundo Aleotti e Chowdhury (1999), utiliza métodos estatísticos para relacionar a ocorrência de movimentos de massa a fatores pré-estabelecidos. Este método pode ser utilizado tanto em áreas que nunca ocorreram deslizamentos, mas que tem potencial de ocorrer, quanto em áreas que ocorre os eventos com frequência. A maior dificuldade neste processo está em estabelecer os parâmetros físicos que irão desencadear os eventos, quando superados. Como grau de saturação do solo, coesão, ângulo de atrito, dentre outros parâmetros. Entretanto, uma vantagem é que o profissional que está utilizando este método, pode escolher de forma empírica, o parâmetro físico que tem maior peso dentro da análise.

Sem dúvidas o método quantitativo apresenta maior confiabilidade uma vez que ele estuda a fundo os parâmetros físicos e estatísticos dos movimentos de massa. O produto final apresentado pode ser melhor comparado com outros que utilizaram o mesmo método. Contudo, essa comparação deve ser feita com ressalvas, uma vez que um profissional pode ter dado mais peso a um determinado parâmetro físico ou estatístico diferente de outro. A desvantagem clara deste método está na dificuldade de conseguir as análises estatísticas e os parâmetros físicos, uma vez que demandam tempo e dinheiro para se obter. No caso da análise estatística é



necessário um banco de dados consolidado ao longo do tempo, o que é muito difícil de se manter. Os parâmetros físicos necessitam de ensaios laboratoriais complexos, o que é caro e demorado.

Segundo Guzzetti (2004) a forma mais simples de se iniciar um mapeamento de áreas de perigo é fazendo um inventário dos deslizamentos já ocorridos. Obviamente, esse é o início de ambas as metodologias, o que demonstra que a espacialização dos eventos é consenso em ambas as metodologias. Sendo assim, a distribuição dos setores de risco ao longo do município acaba sendo praticamente igual, mudando apenas a forma de setorização da área, ou seja, as inclusões de determinados elementos podem ser diferentes dada a complexidade de cada análise resultado das diretrizes apresentadas na metodologia.

### 3.2 METODOLOGIA IPT-SP (QUALITATIVA)

A Secretaria Nacional de Programas Urbanos do Ministério das Cidades, inseriu no então Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários, uma ação específica de “Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários”. Esta ação era composta por três grandes atividades: (a) apoio para elaboração de planos municipais de redução de riscos e projetos de obras de estabilização de encostas; (b) capacitação de equipes municipais para a elaboração de mapas de risco e a concepção de programas preventivos de gerenciamento de risco; e (c) difusão de políticas preventivas de gestão de risco e intercâmbio de experiências municipais (IPT, 2007, p.10)

A metodologia de mapeamento de áreas de risco proposta pelo IPT faz parte desse conjunto de ações e consiste no material didático básico para treinamento de equipes municipais encarregadas do mapeamento de risco e da implementação de medidas de segurança nas áreas de risco. Apresenta um método de análise de risco adaptado a realidade das cidades brasileiras, de baixo custo de execução e que permite comparar as situações de risco nas diversas regiões do país e, dessa forma, dimensionar o problema em escala nacional.

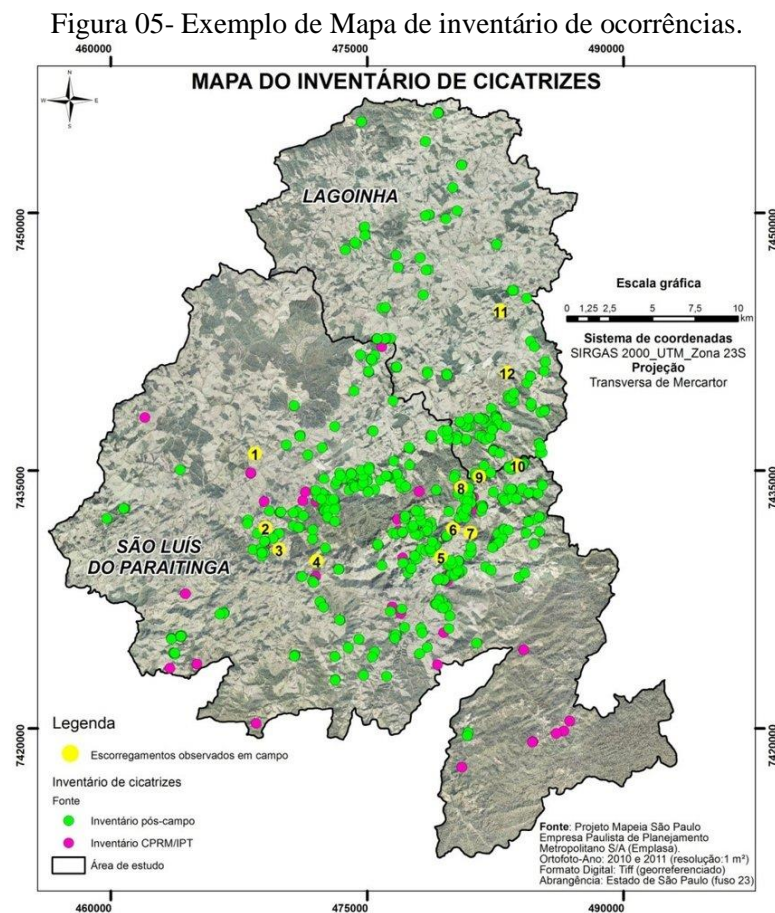
Esta metodologia utiliza um roteiro para identificação espacial das áreas com risco de movimentos de massa, além de indicar os parâmetros básicos para nortear o profissional na análise das áreas selecionadas. O grande desafio dessa metodologia consiste em ter profissionais capacitados para identificar da melhor forma possível as características que indicam processos de movimentação das encostas, que podem condicionar os deslizamentos.

### 3.2.1 Produtos de Suporte

Para realizar a identificação espacial das áreas de risco, indica-se a confecção de alguns produtos que utilizados em conjunto, possam selecionar áreas alvo para a etapa de campo, levando ao trabalho melhor dinâmica e eficiência. Segundo o IPT (2007) são três os mapas que podem ser destacados, dentre os tipos existentes:

Mapa de inventário: este mapa é a base para a elaboração da carta de suscetibilidade e do mapa de risco (Figura 05). São suas características:

- Distribuição espacial dos eventos;
- Conteúdo: tipo, tamanho, forma e estado de atividade;
- Informações de campo, fotos e imagens.



Fonte: Oliveira, Vieira e Ross (2018)

Mapa de suscetibilidade: muito importante para a elaboração de medidas de prevenção e planejamento do uso e ocupação, pois indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de risco, expressando a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência. Apresenta as seguintes características:

- Baseado no mapa de inventário;
- Mapas de fatores que influenciam a ocorrência dos eventos;
- Correlação entre fatores e eventos;
- Classificação de unidades de paisagem em graus de suscetibilidade;

Mapa de risco: este mapa preponderara a avaliação de dano potencial a ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjunção da probabilidade de ocorrência de processos geológicos naturais ou induzidos, e das consequências sociais e econômicas decorrentes. Suas características principais são:

- Conteúdo - probabilidade temporal e espacial, tipologia e comportamento do fenômeno;
- Vulnerabilidade dos elementos sob risco;
- Custos dos danos;
- Aplicabilidade temporal limitada.

A proposta apresentada pelo IPT se baseia em zoneamentos onde é possível a identificação dos processos destrutivos atuantes, a avaliação do risco de ocorrência de acidentes e a delimitação e distribuição espacial de setores homogêneos em relação ao grau de probabilidade de ocorrência do processo ou mesmo ocorrência de risco, estabelecendo tantas classes quantas necessárias. Dessa forma é possível individualizar cada setor, caracteriza-los de forma específica e fazer o detalhamento de cada situação existente, facilitando a identificação do grau de risco e vulnerabilidade de cada setor.

### **3.2.2 Zoneamento – pré setorização**

Para a setorização de risco, se utiliza a percepção do profissional em identificar os parâmetros básicos para identificação das situações de risco. Vale ressaltar que a percepção está atrelada a experiência e a vivência do profissional nos trabalhos de mapeamento.

Os parâmetros básicos a serem observados em IPT (2007), são os seguintes:

- Declividade/inclinação;
- Tipologia dos processos;
- Posição da ocupação em relação a encosta;
- Qualidade da ocupação (vulnerabilidade).

A declividade/inclinação pode variar de acordo com o tipo de solo, rocha, relevo, ou de acordo com as intervenções antrópicas, como cortes e aterros. Existem valores de referência para este parâmetro, acima dos quais a deflagração do processo de deslizamento é iminente. Como referencias temos:

- “17° (30%) Lei Lehman (Lei Federal 6766/79), que determina que áreas com declividades acima de 30% devem ter sua ocupação condicionada a não existência de riscos (verificado por laudo geológico-geotécnico);”
- “20°-25° é a declividade onde já se iniciam os deslizamentos na Serra do Mar no litoral paulista;”

Mesmo com as referências apresentadas, cada área deve passar por avaliação, principalmente a partir do reconhecimento de deslizamentos já ocorridos. A tipologia do processo, assim como a declividade, está intimamente ligada ao tipo de solo, rocha, relevo da área e varia de acordo com as intervenções antrópicas, como cortes e aterros. Os tipos mais comuns observados no Brasil são:

- Deslizamento planar em corte e aterro (sudeste);
- Deslizamentos na Formação Barreiras (nordeste).

Mesmo com os parâmetros apresentados o principal fator que leva a primazia do trabalho é a qualidade do profissional que realiza o trabalho. Visto que é uma metodologia qualitativa e subjetiva, a experiência e qualificação do profissional é imprescindível para o bom andamento e eficácia do mapeamento. Fator que não pode ser ignorado quando se trata da metodologia descrita.

### **3.2.3 Roteiro de Mapeamento**

O IPT (2007) apresenta um roteiro objetivo e prático das diretrizes a se seguir para a setorização das áreas de perigo. Neste roteiro, leva-se em conta os padrões físicos da área, bem como os padrões construtivos e presença de vegetação. A partir destes, o profissional pode tomar a decisão de quais moradias devem ou não entrar na setorização, bem como seu grau de risco, como é chamado na publicação. Contudo, no presente trabalho, grau de risco será entendido como grau de perigo. Para se chegar a setorização final, deve-se seguir oito passos e avaliar os seguintes parâmetros:

1 – Dados gerais sobre a moradia: Este parâmetro serve para avaliar de forma básica o grau de vulnerabilidade das moradias, onde se supõe que casas construídas com alvenaria apresentam

melhores estruturas do que as construídas a partir de madeira ou mistas. Este estudo impacta a avaliação que o profissional vai fazer acerca do grau de perigo a que a moradia está exposta.

2- Caracterização do Local: Este parâmetro é importantíssimo para a avaliação correta do grau de perigo, pois é a descrição detalha do talude. Inclui a descrição de informações como a geometria e o tipo do talude (talude natural ou de corte), material constituinte (solo residual, aterro, afloramento), presença de lixo, de blocos de rocha ou lascas instáveis e distância entre as moradias e a base e a crista do talude.

Um dos parâmetros mais importantes é também um dos mais complicados de se avaliar em campo: a inclinação do talude. Mesmo um profissional experiente pode ter dificuldade em avaliar corretamente a inclinação. Por este motivo, em IPT (2007) o profissional pode ter acesso a croquis esquemáticos para auxiliá-lo nessa avaliação (quadro 02). O ângulo de  $17^\circ$  é mencionado na Lei Lehman como referência para os planos diretores municipais.

Outro fator muito importante é a distância da moradia da base ou da crista do talude, devido ao alcance e à magnitude que os acidentes podem ter. A orientação é que a distância obedeça a proporção 1:1 em relação à altura.

Quadro 02 – Os croquis auxiliam na definição da inclinação dos taludes.

<p><b>2º Passo – Caracterização do local</b></p> <p><b>Instruções:</b> Descrever o terreno onde está a moradia. Marque com um "X" a condição encontrada. Antes de preencher dê um "passeio" em volta da casa. Olhe com atenção os barrancos (taludes) e suba neles se for necessário.</p>				
<p>( ) <b>Encosta Natural</b></p> <p>altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque com "X" o desenho que apresenta a condição mais parecida com a situação)</p>				
<p>( ) <b>Talude de corte</b></p> <p>altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque com "X" o desenho que apresenta a condição mais parecida com a situação)</p>				
<p><b>Dist. da moradia: ____ m da base da encosta/talude</b></p> <p>Distância da moradia ao à base do talude de corte</p>				

Fonte: IPT (2007)

3 – Água: A água é o principal agente deflagrador de deslizamentos. Diante disso, é crucial entender como a água se comporta em determinado setor. Isso implica em entender qual o seu caminho natural, se há córregos ou drenagens bloqueadas, além de observar como se dá a disposição de águas servidas e esgoto. É muito frequente que canos de água ou esgoto estourados saturem o solo, diminuindo sua resistência ao cisalhamento e facilitando a ruptura da face do talude, mesmo sem a ocorrência de chuva.

4 – Vegetação no Talude e Proximidades: Encostas vegetadas em geral são mais resistentes a processos erosivos e até mesmo, em certos casos, a deslizamentos. Uma encosta vegetada diminui drasticamente a velocidade de escoamento superficial da água, reduzindo assim o carreamento de materiais, além de reduzir a erosão. Alguns vegetais possuem raízes radiais que

aumentam a resistência do solo e que, por vezes, retiram água, melhorando a condição de saturação. Contudo, certos plantios, como o de bananeiras, concentram água, diminuindo a resistência do solo. Vegetais como a mamona ajudam na identificação de antigos depósitos de lixo, em locais já aterrados.

5 – Sinais de Movimentação: Este é o principal parâmetro a ser analisado para identificação do grau de perigo. São feições de instabilização na encosta que podem ser observados e monitorados facilmente. São trincas de tração, fendas, degraus de abatimento, muros e árvores embarrigados, cicatrizes de movimentos anteriores. A identificação de qualquer dessas feições sinaliza que a encosta já está em movimentação e que a ruptura é iminente.

6 – Tipos de Processos de Instabilização: A avaliação do tipo de processo serve para entender o alcance e magnitude do evento. Os processos podem ser: deslizamento translacional planar, rotacional, quedas, tombamentos, rastejo, corridas de massa. Identificar corretamente a tipologia do processo auxilia a identificação do grau de perigo.

7 – Determinação do Grau de Risco: Baseado nos parâmetros apresentados anteriormente, o profissional consegue definir o grau de perigo durante o mapeamento. Como se trata de uma decisão pessoal e de caráter subjetivo, ela pode variar de profissional para profissional, mesmo que ambos sigam o roteiro corretamente. O grau de risco varia de baixo a muito alto (quadro 03).

Quadro 03 – Grau de Risco segundo IPT (2007)

Grau de Probabilidade	Descrição
<p align="center"><b>R1</b> Baixo ou sem risco</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.</p> <p>2. não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens.</p> <p>3. mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p>
<p align="center"><b>R2</b> Médio</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.</p> <p>2. observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento.</p> <p>3. mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
<p align="center"><b>R3</b> Alto</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.</p> <p>2. observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo.</p> <p>3. mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
<p align="center"><b>R4</b> Muito Alto</p>	<p>1. os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.</p> <p>2. os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento.</p> <p>3. mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>

Fonte: IPT (2007)



### 3.3 METODOLOGIA GIDES-CPRM (QUANTITATIVA)

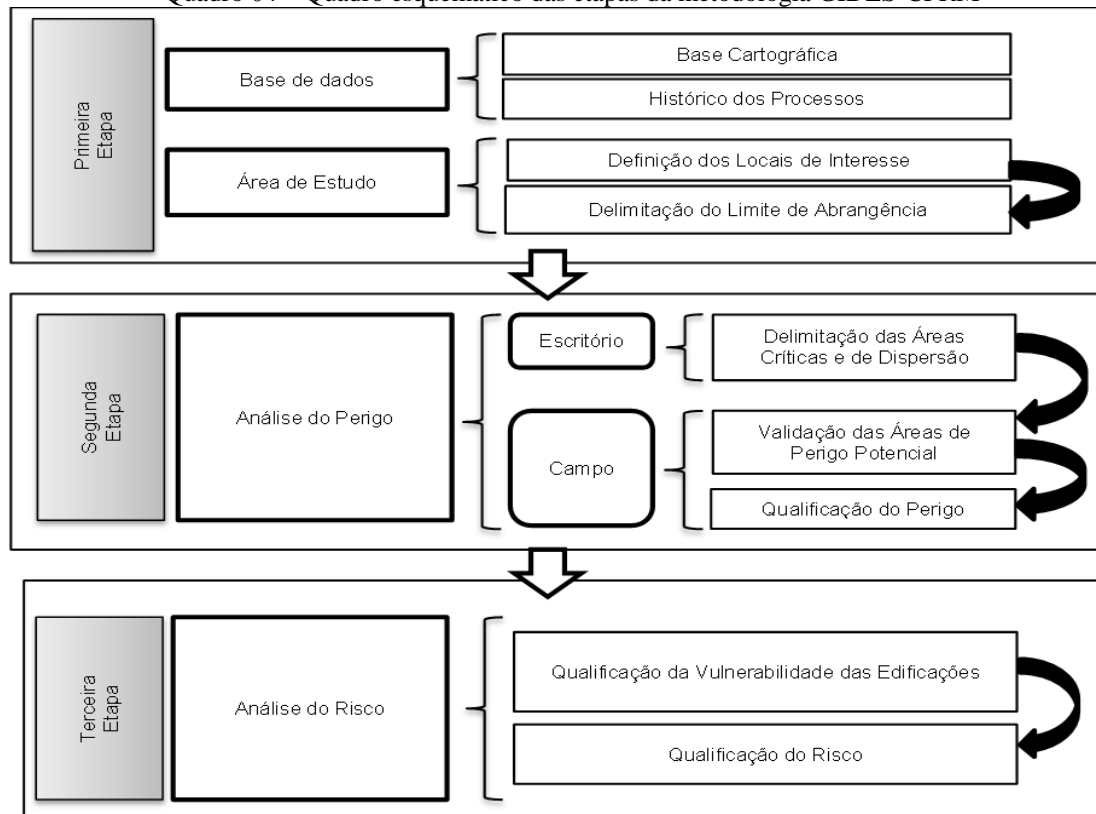
A metodologia GIDES CPRM foi criada a partir de um acordo firmado entre os governos do Brasil e do Japão, como parte do esforço para gerenciamento integrado de riscos de desastres naturais ocasionados por movimentos gravitacionais de massa, tais como deslizamentos planar e rotacional, fluxo de detritos e queda de blocos (CPRM, 2018, p). Como resultado dessa cooperação foram produzidos seis manuais técnicos para auxiliar o governo, em todas as esferas, na preparação de estratégias de atuação frente aos desastres naturais. Esta metodologia foi abordada na publicação Manual de Mapeamento de Perigo e Risco à movimentos de Massa.

Este manual descreve os principais movimentos de massa registrados no Brasil, apresentando sua metodologia de mapeamento baseada na metodologia Japonesa, visto que o Japão é um grande detentor de conhecimento da área, porém adaptando à realidade brasileira. Para isso foi coletado dados sobre movimentos de massa em diferentes centros urbanos do Brasil. A partir daí foi feito uma análise estatística onde se definiu critério topográficos e de atingimento dos movimentos.

A metodologia apresenta três pilares básicos de estudo: Os processos geológicos condicionantes dos movimentos de massa, risco e Perigo. Como se parte da premissa que não existe risco sem perigo, a identificação do perigo potencial de movimentos de massa é o que norteia esta metodologia. Para alcançar este objetivo utiliza-se critérios topográficos e feições de instabilidade para determinar quais tipos de movimentos são possíveis na área de estudo (CPRM, 2018).

Ainda segundo a CPRM (2018) a elaboração de cartas de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa, orienta-se a aplicação da sequência metodológica descrita a seguir (quadro 04), composta por três etapas:

Quadro 04 – Quadro esquemático das etapas da metodologia GIDES-CPRM



Fonte: CPRM (2018).

Primeira Etapa: É composta por levantamentos da base de dados e definição da área de estudo. É importante que, antes de se definirem as áreas do município que receberão os mapeamentos de perigo e/ou de risco, os tomadores de decisão compreendam os processos geológicos ora analisados. A coleta e compilação do histórico de ocorrência de movimentos pretéritos e a disponibilidade de base cartográfica adequada aos levantamentos fundamentarão essa decisão.

Segunda etapa: consiste em duas fases, primeiro trabalho de escritório e levantamento de campo. Em escritório, devem-se aplicar os critérios topográficos para identificação do perigo potencial e delimitação das áreas em que pode ocorrer deflagração e/ou atingimento relativas a cada tipo de movimento gravitacional de massa. A vistoria de campo deve, inicialmente, validar os critérios e as condições topográficas para qualificar o grau de perigo, por meio da avaliação dos indícios físicos de instabilidade do terreno. Essa etapa leva à produção da carta de perigo.

Terceira etapa: É constituída por análise do risco, na qual a vulnerabilidade das edificações passíveis de serem atingidas durante os movimentos gravitacionais de massa será avaliada e devidamente correlacionada com as informações da carta de perigo desenvolvida na etapa anterior. O resultado final dessa etapa é a carta de risco.

### 3.3.1 Primeira Etapa: Base de Dados e Área de Estudo

Segundo CPRM (2018) a base de dados é constituída pelo conjunto de informações e arquivos relacionados à cartografia e ao histórico de movimentos gravitacionais de massa do município, tais como:

Base cartográfica: revisão bibliográfica da área a ser estudada, atentando sempre para as escalas necessárias e possíveis apresentadas nos trabalhos pretéritos. Essas bases devem, se possível, ser integradas e comparadas. No quadro 05 estão os principais produtos a serem observados.

Quadro 05 – Produtos e escalas sugeridos para realização do mapeamento

Base Cartográfica Obrigatória	Escala
Curvas de nível (extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) ou levantamento topográfico)	1:10.000
Drenagem (extraídas do MDE ou levantamento topográfico)	
Dados Adicionais Opcionais	
Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa	Entre 1:25.000 e 1:1.000
Malha Urbana	
Plano-Diretor	
Carta Geotécnica	
Imagem (Google Earth, ortofotografias etc.)	

.Fonte: CPRM (2018)

Histórico dos processos de movimentos gravitacionais de massa: Assim como na metodologia do IPT, há a necessidade de se inventariar as ocorrências pretéritas com o intuito de se definir as áreas alvo para iniciar os estudos. Aconselha-se representar os pontos dos locais de registros em um mapa, o qual será utilizado tanto para a visualização inicial da distribuição dos tipos de movimentos gravitacionais de massa já identificados quanto para a validação da carta de perigo a ser produzida na etapa seguinte.

Área de estudo: A delimitação da área de estudo é o resultado da definição dos locais de interesse e da demarcação do limite de abrangência. Os locais de interesse representam as porções do município que necessitam de mapeamento de perigo e/ou risco e também podem ser

interpretados como as partes do município que sofrem ou podem sofrer com o impacto de movimentos gravitacionais de massa (CPRM,2018).

Limite de abrangência: Depois de definidos os locais de interesse, deve-se estender a análise para as encostas adjacentes, uma vez que são os locais onde já ocorreu mobilização de material em eventos pretéritos ou onde ela pode ocorrer. Assim, o limite de abrangência se estende desde o local de interesse até a crista das encostas que o circundam.

### **3.3.2 Segunda Etapa: Análise de Perigo na Área de Estudo**

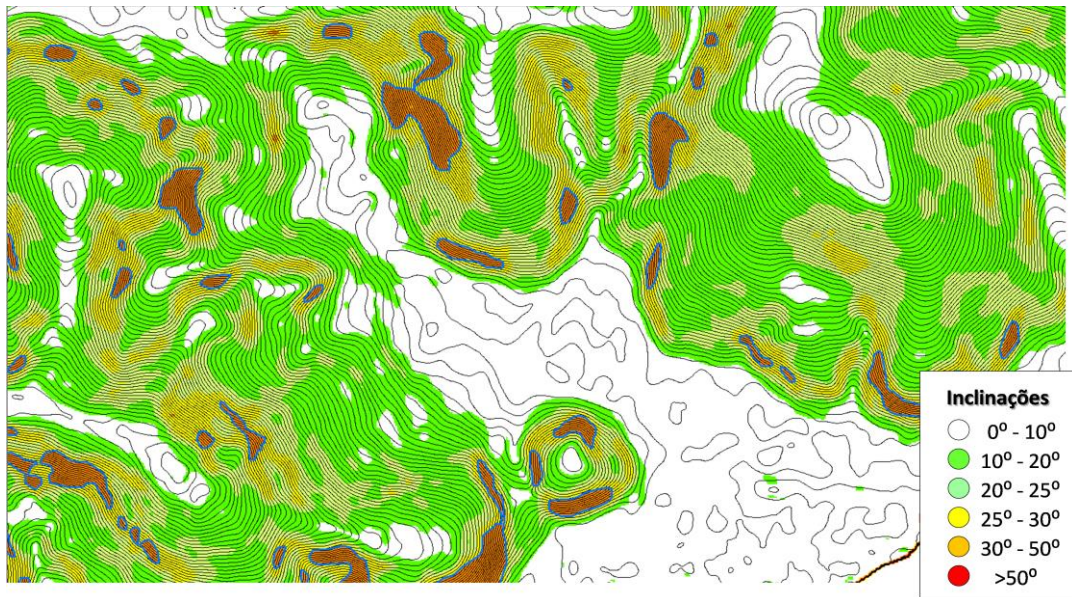
Segundo CPRM (2018) essa etapa é constituída por duas fases: a primeira, no escritório, com a aplicação de critérios topográficos e regras de delimitação sobre a área de estudo.

Critério Topográfico: Referência quantitativa empregada para identificação das condicionantes topográficas favoráveis à deflagração de movimentos gravitacionais de massa.

Regras de Delimitação: Conjunto de instruções empregadas para definir o raio de ação (deflagração e atingimento) dos tipos de movimentos gravitacionais de massa. Na segunda fase, no campo, procede-se à validação da área de perigo potencial e à qualificação do perigo referente aos processos de movimento gravitacional de massa presentes na área de estudo.

Para delimitação das áreas crítica e de dispersão se aplica critérios topográficos, que consiste no reconhecimento do tipo de movimento gravitacional de massa potencial, associado a inclinação, que deve ser maior ou igual a 25° e pode ser obtida através de uma carta de inclinação (Figura 06). Essa carta será utilizada para as análises dos processos de deslizamentos translacionais ou rotacionais, podendo também ser correlacionada ao histórico de ocorrências de movimento gravitacional de massa da área de estudo, podendo indicar preliminarmente as inclinações que apresentam maior frequência de ocorrências de deslizamentos.

Figura 06 – Carta de inclinação indicando as áreas maiores que 25°



Fonte: CPRM (2018)

Depois do reconhecimento, é avaliada a área de ocorrência do processo, ou seja, deflagração e atingimento, que compõem as áreas crítica e de dispersão (quadro 06). Vale pontuar que não existe sobreposição entre área crítica e de dispersão, sendo que a primeira tem prioridade sobre a segunda.

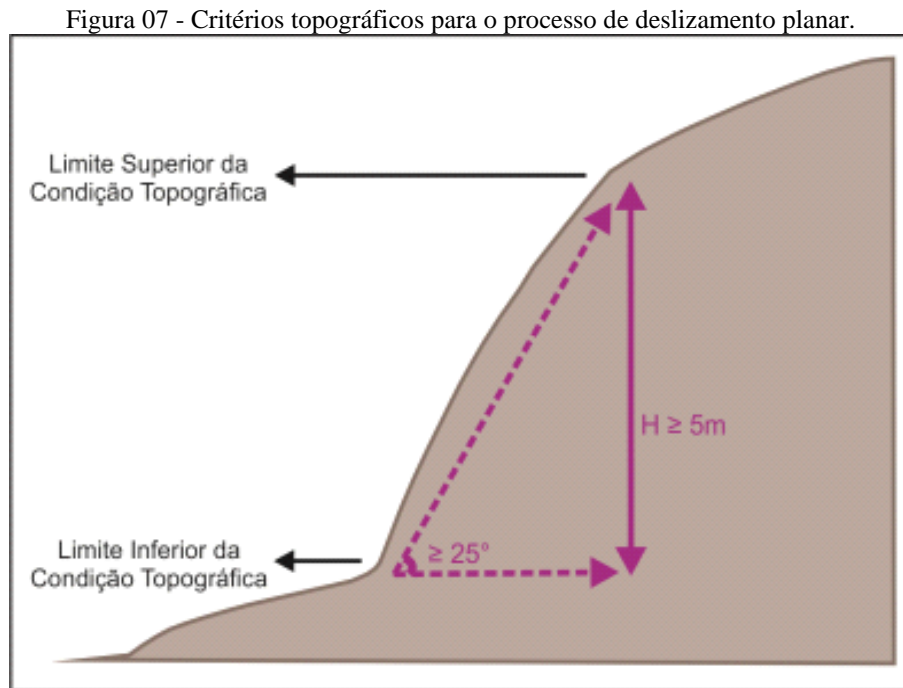
Quadro 06 – Caracterização de áreas crítica e de dispersão.

Área	Descrição
Crítica	Área onde ocorre a deflagração do movimento e também o atingimento, com maior concentração da força de impacto.
Dispersão	Área onde ocorre apenas atingimento, com dispersão da força de impacto.

Fonte: CPRM (2018)

A área crítica tem sua extensão e localização variando de acordo com o processo de movimento gravitacional de massa, assim como a área de dispersão. Estas áreas foram diretamente adaptadas da metodologia japonesa, que detém uma análise estatística de mais de um século. A área crítica corresponde à área onde a força de impacto contida na massa de material deslocado é suficiente para destruir construções, enquanto a área de dispersão a força de impacto contida no material deslocado ao atingir moradias-padrão não é suficiente para destruí-las, apenas danificá-las.

Deslizamento planar: Em CPRM (2018) o potencial para ocorrência de deslizamento planar é reconhecido na topografia por meio de observação da inclinação e altura da encosta. Parâmetros determinados por meio da análise de dados japoneses e experimentos em municípios brasileiros indicam que as porções da encosta que atendem aos critérios de inclinação igual ou superior a  $25^\circ$  e altura igual ou maior que 5 m entre os limites da condição topográfica devem ser identificados e delimitados (Figura 07).



Fonte: CPRM (2018)

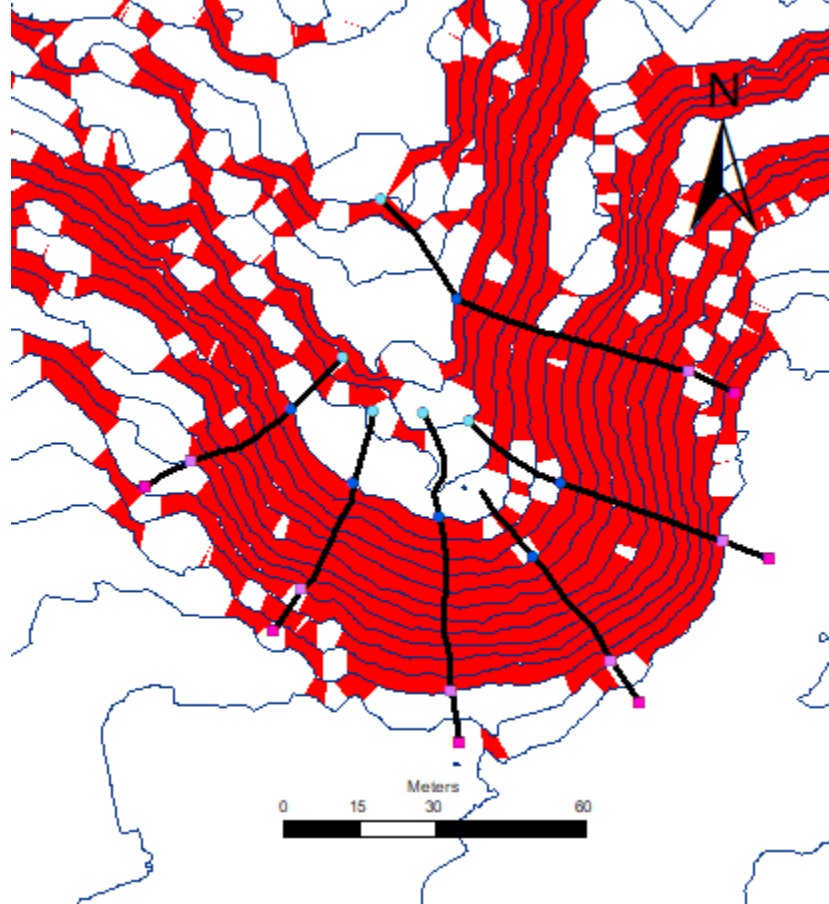
### 3.4 ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GIDES-CPRM

Segundo CPRM (2018), o potencial para ocorrência de deslizamento planar pode ser observado através da inclinação e da altura da encosta. Através da análise de dados japoneses e de municípios brasileiros, foi identificado que os parâmetros seguem os critérios de inclinação igual ou superior a  $25^\circ$  e taludes igual ou maior que 5 metros, a serem adotados como condição topográfica a ser identificada e delimitada. Para isso se deve seguir o roteiro metodológico proposto no manual.

Para identificar as áreas com inclinação igual ou superior a  $25^\circ$ , utilizou-se o software *Arc Gis 10.5*, onde foi utilizada como base cartográfica o modelo digital de terreno onde se exclui áreas de elevação como moradias, vegetação e postes (Figura 08 e 09). Este MDT foi

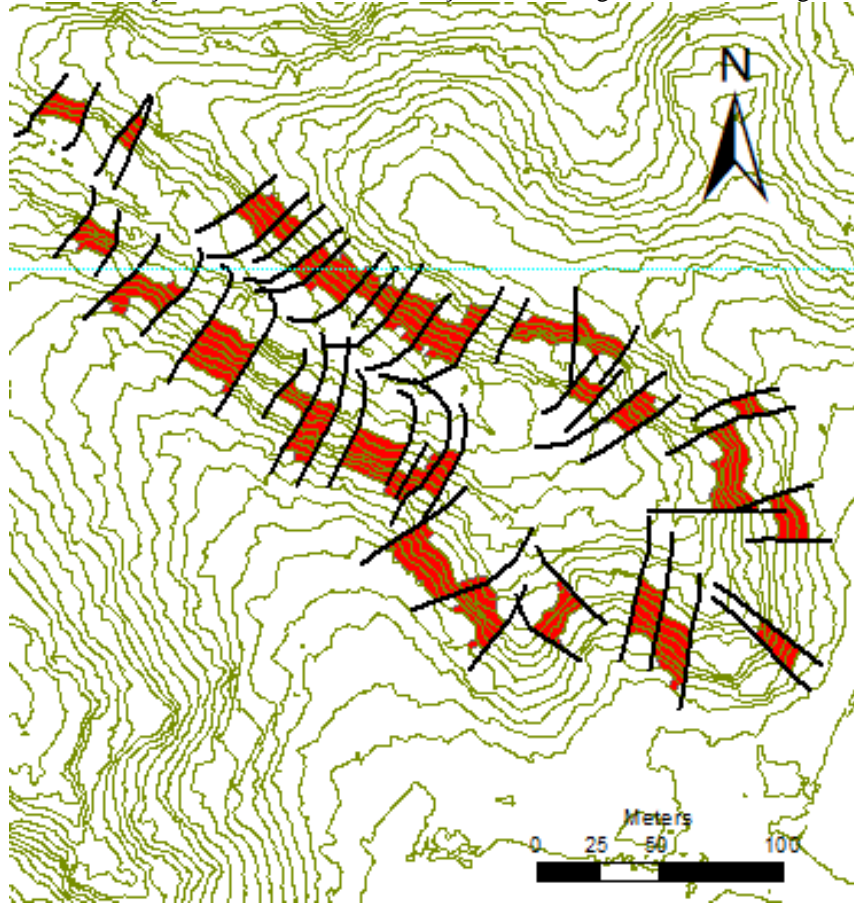
disponibilizado para a CPRM pelo governo do estado de Pernambuco através da Secretaria de desenvolvimento econômico. Após seguir o roteiro, através da aplicação dos parâmetros topográficos, foi possível a identificação das áreas crítica e de dispersão nas áreas analisadas sendo que este parâmetro foi validado em campo posteriormente.

Figura 08 – Identificação das áreas com inclinação maior ou igual a  $25^\circ$  no Alto do Santo Antônio. Curvas de nível de 2 em 2m. As linhas são para delimitação da área crítica e de dispersão segundo roteiro.



Fonte: Autor

Figura 09– Delimitação dos taludes com inclinação maior ou igual a 25° no córrego do paletó.



Fonte: Autor

Após a identificação das áreas crítica e de dispersão, deve-se validá-las no campo, para corroborar ou não o que foi identificado na etapa de escritório. Após isso, será qualificado o grau de perigo de acordo com a proposta apresentada pela CPRM (2018) no quadro 07.



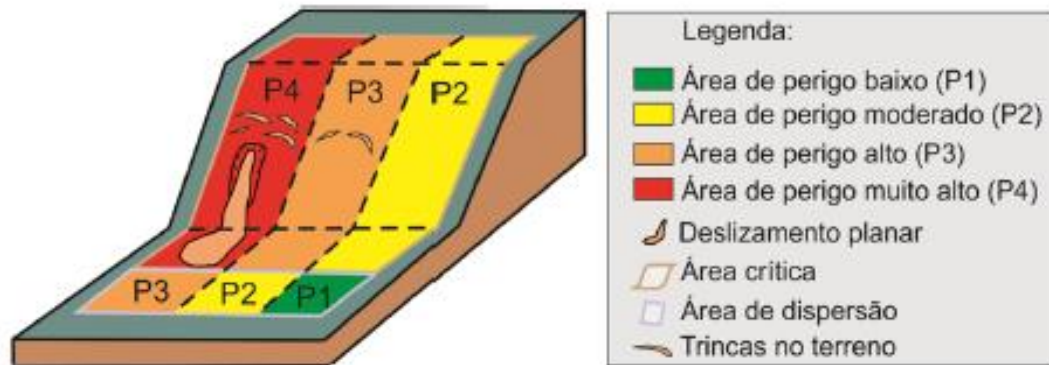
Quadro 07 – Qualificação do grau de perigo.

PERIGO	APE	APC	Descrição
P1	AD	P1d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. O terreno não deve apresentar feições de instabilidades, entretanto casos raros podem ocorrer, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, entretanto casos raros podem ocorrer. Mantidas as condições existentes no terreno é baixa a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P2	AC	P2c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. Não é comum o terreno apresentar feições de instabilidades, mas podem ocorrer casos isolados, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, mas podem ocorrer casos isolados. Mantidas as condições existentes no terreno é moderada a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
	AD	P2d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. Não é comum o terreno apresentar feições de instabilidades, mas podem ocorrer casos isolados, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, mas podem ocorrer casos isolados. Mantidas as condições existentes no terreno é moderada a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P3	AC	P3c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. O terreno pode apresentar feições de instabilidades evidentes de acordo com o tipo de movimento de massa. Podem ocorrer registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
	AD	P3d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. O terreno pode apresentar feições de instabilidades evidentes de acordo com o tipo de movimento de massa. Podem ocorrer registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é alta a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P4	AC	P4c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. O terreno pode apresentar feições de instabilidades marcantes de acordo com o tipo de movimento de massa. É comum registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

Fonte: CPRM

A análise da qualificação do perigo deve ser feita apenas na área crítica. Isso se deve ao fato dessa área ser considerada a de deflagração dos movimentos de massa, sendo possível observar as condições de instabilidade pré-existentes. Segundo a CPRM (2018) as áreas críticas receberão grau mínimo P2c – Perigo médio, sendo o único caso que o critério topográfico sobrepõe as observações de campo. A área de dispersão receberá necessariamente um grau inferior aquele dado a área crítica, pois essa área pode não apresentar evidências de instabilidade (Figura 11).

Figura 11 – Qualificação de perigo na área crítica e de dispersão.



Fonte: CPRM (2018)

### 3.4.1 Validação da Setorização e qualificação do grau de perigo

As áreas crítica e de dispersão devem ser avaliadas no campo, onde os parâmetros previamente identificados devem ser corroborados ou não, após essa análise é possível determinar o grau de Perigo. Assim, na etapa de campo, foi feita a análise da área crítica em busca de feições de instabilidade que pudesse indicar movimentação do talude, auxiliando na qualificação do grau de perigo.

Segundo a CPRM (2018), deve-se buscar indícios de movimentação do talude, para avaliar o grau de perigo na área crítica. Taludes sem indicio de movimentação devem ser avaliados como grau médio (P2). Naqueles onde são observados indícios, como trincas, surgência de água ou árvores inclinadas deve-se qualificar como grau alto (P3). Já se os indícios forem de graus de abatimento ou cicatrizes de deslizamentos deve-se avaliar como grau muito alto (P4).

## **4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E INTERESSE**

### **4.1 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS**

O município de Camaragibe se localiza na Região Metropolitana do Recife - RMR, tem parte significativa de seu território caracterizada como área de morros, com declividades médias maiores que 30%. Está situado na zona costeira do estado de Pernambuco, estando subordinado aos processos climáticos da faixa de transição oceano continente. Mudanças climáticas locais, como variação do nível do mar, aumento da temperatura do mar com conseqüente aumento da evaporação pode aumentar a precipitação local, aumentando severamente processos erosivos e de movimentos de massa.

O clima da RMR é tropical chuvoso, com precipitação anual acima de 750mm e temperatura média do ar superior a 18°. A umidade relativa do ar é alta variando entre 80 e 90%, podendo chegar a 100% em alguns municípios. Este tipo de clima favorece o intemperismo químico das rochas, fazendo com que os perfis de solo nessas regiões sejam bem espessos e o nível d'água raso, propiciando ambientes onde podem ocorrer movimentos de massa (ALHEIROS *et al.*, 2003, p.7). Segundo Bandeira (2003) o município de Camaragibe, apresenta dois conjuntos morfológicos distintos: morros e a planície. Cerca de 80% do município são dominados por tabuleiros com vales verticalizados, instalados na formação barreiras. Na porção sul, apresenta morros mais arredondados com vales abertos, associados com solos residuais.

No Município de Camaragibe o clima quente e úmido e o intenso intemperismo das rochas favorecem um perfil de solo espesso. Tanto nos tabuleiros dissecados onde aparece solo residual da formação Barreiras, quanto nos perfis de latossolo produtos da alteração das rochas cristalinas. Sua hidrografia consiste no rio Capibaribe e os riachos Timbi, Besouro, Camaragibe e das Pedrinhas compõem a rede principal de drenagem do município.

### **4.2 GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL**

O Município de Camaragibe apresenta, basicamente, rochas do embasamento cristalino, da Formação Barreiras e depósitos aluvionares.

#### 4.2.1 Embasamento Cristalino

Formado por rocha arqueanas, representam um complexo Granítico-Gnaissico (Figura 12), pertencentes ao maciço Pernambuco-Alagoas (BRITO NEVES, 1975). Apresenta quatro fases de deformação bem marcadas, sendo a última associada a um regime cisalhante formando falhamentos associados ao lineamento Pernambuco. Em termos tectônicos regionais indicam que o maciço, que está no domínio tectônico Pernambuco Alagoas representa o registro da raiz de um arco magmático neoproterozóico. São gnaisses, cataclasitos e granitos ricos em quartzo (Figura 13), feldspatos e minerais ferromagnesianos, os quais juntamente com os feldspatos, apresentam forte tendência de argilização durante o processo de formação do seu solo residual sob as condições climáticas locais.

Figura 12 – Granito com aplitos de feldspato indicado pelas setas no Bairro de Tabatinga.

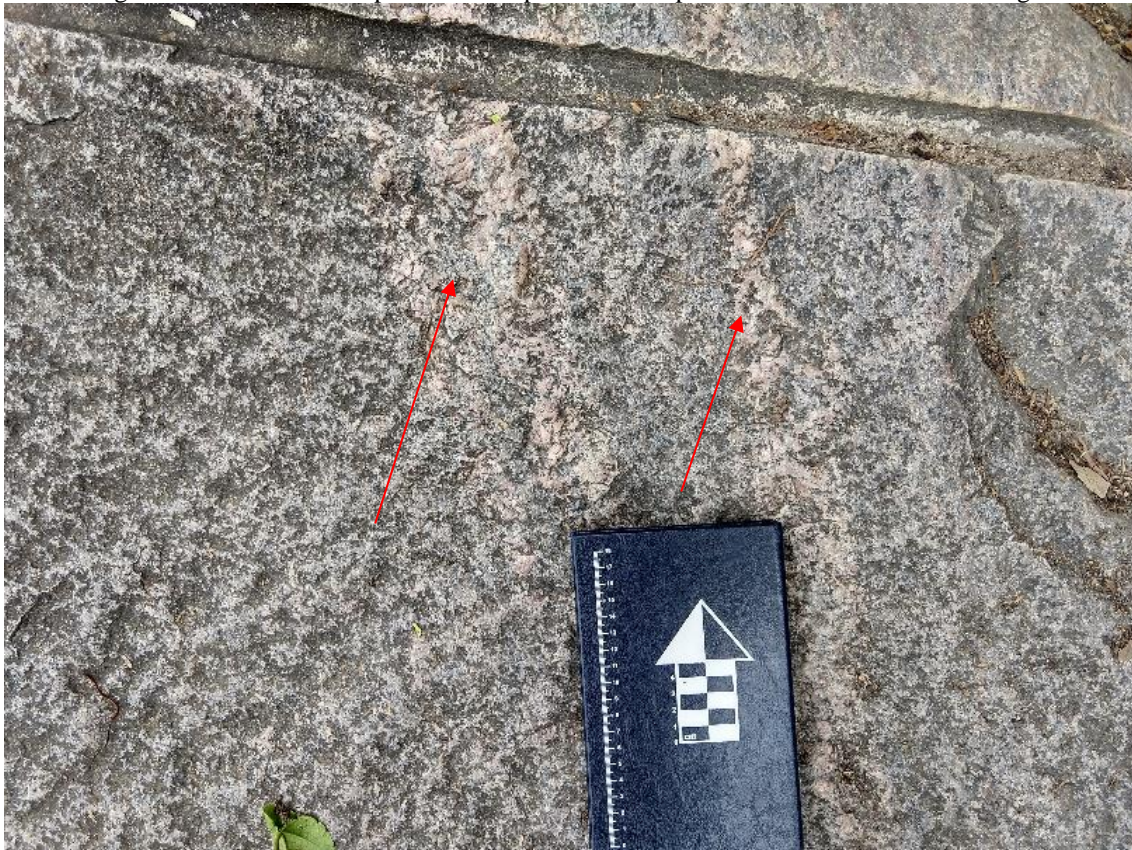


Foto: Autor

Figura 13 – Solo da Formação Barreiras recobrendo o solo residual do embasamento cristalino, na localidade de Córrego da Andorinha. A linha indica o contato entre a Formação Barreiras e o solo residual do embasamento cristalino.

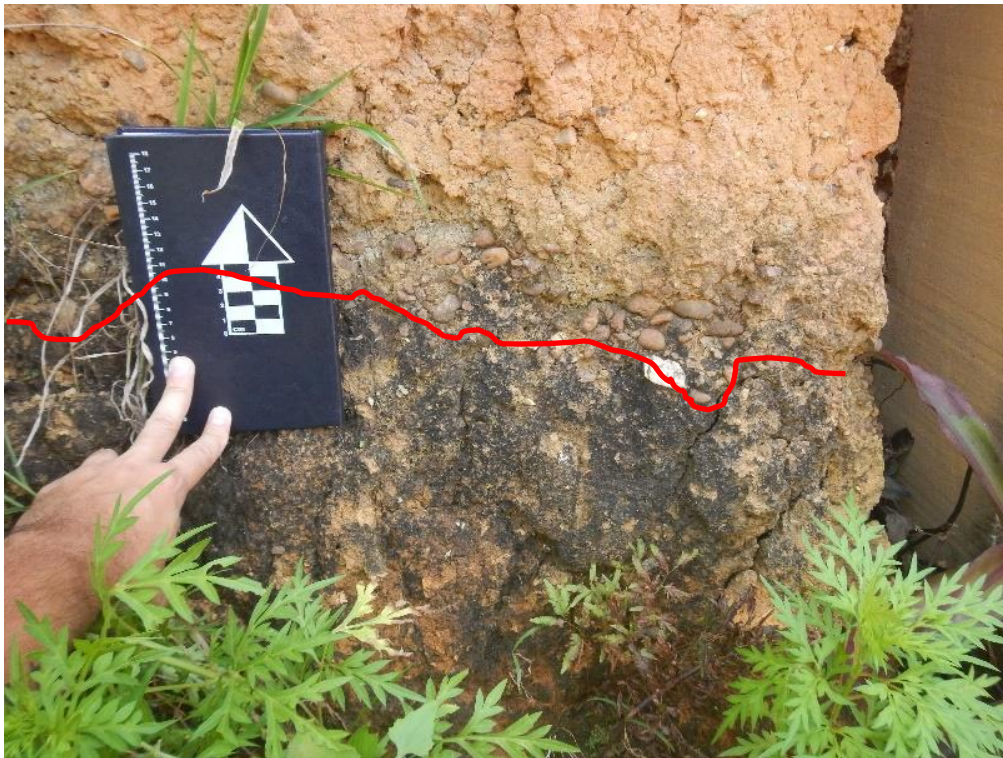


Foto: Autor

#### 4.2.2 Formação Barreiras

A Formação Barreiras constitui-se de um sedimento fluvial, areno-argiloso, de coloração creme a avermelhada, dependendo da intensidade da oxidação do ferro. Constitui uma extensa cobertura sedimentar que ocupa toda a porção norte do município, restringindo-se aos topos do relevo mais para sul. (ALHEIROS *et al.*, 1988). Essa formação associada aos processos fluviais, mostra pelo menos três fácies distintas: leque aluvial proximal, leque distal/planície aluvial e canal fluvial. Esta unidade teve sua deposição associada aos eventos cenozoicos de natureza climática e/ou tectônica, que permitiram, durante o final do Terciário (Plioceno), há cerca de 2 milhões de anos, o extenso recobrimento das superfícies expostas do embasamento, colmatando um relevo bastante movimentado (ALHEIROS, 1998).

Os sedimentos da fácies de leque proximal (Figura 14), mostra granulação grossa e má seleção granulométrica, ocorrendo principalmente na parte central do município. A fácies de canal fluvial é extensamente encontrada nos tabuleiros das zona norte e centro. Essas duas fácies têm seu conteúdo de argila disseminado pelo sedimento em decorrência

principalmente da argilização dos feldspatos que constituem na grande parte dos grãos de areia.

Figura 14 – Pacote sedimentar da Formação Barreiras, mal selecionado com seixos grandes e imbricados indicando Leque Proximal. Córrego da Andorinha



Foto: Autor

A fácies de leque distal/planície aluvial mostra uma estratificação horizontal com intercalação de camadas arenosas e argilosas. Nesse caso o conteúdo de argila é bem mais significativo, é de origem deposicional e constitui as camadas decantadas durante os períodos de menor energia do fluxo fluvial, nas partes mais baixas do relevo da época. Essa alternância argila/areia cria situações peculiares quanto à estabilidade das encostas: se o talude cortado tiver como camada de topo a argila, esta segurar o relevo, reduzindo a erosão da camada subjacente; quando a camada de topo é a areia, a alta infiltração em superfície favorecerá a saturação, a erosão na crista e possíveis escorregamentos associados no talude. Essa fácies ocorre na parte sul do município, sendo bem exposta no Bairro dos Estados (BANDEIRA, 2003).

#### 4.2.3 Depósitos Aluvionares

Segundo Mantovani (2016, p.150) trata-se de depósitos recentes constituídos pelos materiais transportados pela água e foram depositados ao longo vales encavados pelos rios e riachos de Camaragibe, representando aproximadamente 8% do município.

Esses sedimentos podem ser arenosos e/ou siltico-arenosos, eventualmente argilo-arenosos, com granulometria variada e coloração clara.

#### 4.3 PROCESSOS EROSIVOS NA FORMAÇÃO BARREIRAS

Áreas de encostas ocupadas e localizadas em perímetros urbanos apresentam maior suscetibilidade para processos erosivos derivados da concentração de águas de escoamento superficial (Bittar, 1995). Quando essas encostas são constituídas por material arenoso ou areno-argiloso, como no caso do solo derivado da Formação Barreiras no Município de Camaragibe os processos erosivos são ampliados e intensificados (Figura 15). Com a expansão das áreas construídas e, conseqüentemente, impermeabilizadas, levam ao substancial aumento do volume e velocidade do escoamento superficial.

Figura 15 – Talude no bairro dos estados com processo erosivo instalado em sua vertente.



Foto: Autor

## 5 – RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM CAMARAGIBE

No Município de Camaragibe, foram observados inúmeros pontos onde ocorreram deslizamentos. Estes locais foram levantados após a análise do mapa de suscetibilidade com o inventário de ocorrências disponibilizado pela defesa civil Municipal, além de consultar a bibliografia disponível. Ocorrências de acidentes foram observadas na maior parte desses setores, significando que o perigo já está instalado. Os processos observados estão fortemente associados a deslizamentos translacionais superficiais e erosão em graus variados, principalmente na Formação Barreiras.

A água é considerada o principal agente deflagrador de deslizamentos. Segundo Guerra (1998) as águas pluviais que se concentram em uma encosta, propiciam um aumento da velocidade de escoamento, que em contato com o solo iniciam processos erosivos laminares evoluindo para incisões lineares. Dependendo do tipo de material da encosta e da presença de feições geológicas como fissuras e falhas, a água pode infiltrar no solo, diminuindo sua resistência ao cisalhamento, formando assim superfícies de ruptura.

Segundo Fernandes e Amaral (2000) a geometria das encostas condiciona direta ou indiretamente a geração de movimentos de massa. A declividade tem uma correlação direta com os deslizamentos, inclinações maiores que 25° apresentam maior frequência de acidentes. A forma da encosta apresenta uma correlação indireta, com destaque para as porções côncavas que condiciona a concentração da água e de sedimento. Além do escoamento superficial, fluxos subsuperficiais com posterior exfiltração podem condicionar rupturas e processos erosivos (Figura 16).



Figura 16 – Porção de encosta côncava com rupturas diversas. Notar que a obra superficial foi destruída, indicando fluxo subsuperficial.



Foto: Autor

Por toda a área urbana do município, foram identificados taludes de corte, compostos geralmente por solo residual da Formação Barreiras. Trata-se de um solo arenoso a areno argiloso, com bolsões de argilas bem definidos. Segundo Bandeira (2003) a Formação Barreiras apresenta ângulo de atrito a partir de  $29^\circ$ . Estes taludes são subverticais e quase nunca apresentam qualquer tipo de intervenção estrutural, alterando seu equilíbrio inicial de estabilidade. Ainda existem deficiências básicas, como a ausência de um sistema de drenagem, passeio público, águas servidas e saneamento básico.

A falta de drenagem ao longo da encosta, bem como o lançamento de águas servidas sobre o talude, aumenta a saturação do solo, conseqüentemente diminuindo sua resistência ao cisalhamento direto e propiciando a formação de superfícies de ruptura. Outro fator relevante para o aumento do grau de risco são os taludes de corte. Geralmente escavados para aumentar a área construtiva, estes taludes raramente são tratados e estabilizados. Em terrenos como da Formação Barreiras, onde o grau de escavabilidade é alto, a ocorrência de taludes de corte nos bairros é frequente.

Segundo Paz et Al. (2016) a maior concentração de chuvas em termos de volume no estado de Pernambuco se concentram na região metropolitana de Recife. Os meses mais chuvosos da RMR são causados pelo avanço da Frente Polar Atlântica e as instabilidades que vêm das ondas do Leste, gerando chuvas moderadas a pesadas que geralmente duram dois a três dias. Estas chuvas são geralmente a causa dos deslizamentos que ocorrem na cidade do Recife.

As áreas descritas com maior grau de risco estão associadas aos vales formados pela dissecação dos tabuleiros da Formação Barreiras. Nestas áreas, escarpas íngremes foram ocupadas sem nenhuma estruturação urbana. As moradias são precárias, apresentam vulnerabilidade alta e, conseqüentemente, sofrem constantemente com os acidentes relacionados a movimentos de massa. O acesso a essas áreas costuma ser precário, contando apenas com um ou dois pontos de acesso, que são, em geral, escadarias mal estruturadas e até mesmo escavadas no solo.

Das áreas identificadas a partir da bibliografia e visita ao campo foram escolhidas três áreas no Município de Camaragibe como setores de risco alto e muito alto a movimentos gravitacionais de massa. Estas áreas foram escolhidas pela relevância dos processos observados e por sua boa qualidade de representação dos principais eventos observados no município.

## 5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PRÉ-SETORIZAÇÃO

Para a identificação das áreas de risco é necessário o levantamento do histórico de ocorrências de movimentos de massa na região. Esses dados são vitais para o desenvolvimento do trabalho pois, aliados às características do meio físico, como relevo, pedologia, geologia e uso do solo, constituem base para a avaliação da suscetibilidade. O mapa de suscetibilidade é uma boa ferramenta para iniciar o detalhamento dos locais a serem estudados. O mapa de suscetibilidade do Município de Camaragibe, está disponível no sitio <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Pernambuco-5080.html>.

Os inventários de ocorrências de movimentos de massa foram levantados a partir do banco de dados da Defesa Civil do Município de Camaragibe. Com base nessas informações, tornou-se possível individualizar as áreas com maiores ocorrências de

acidentes envolvendo deslizamentos no município. Após a definição dos locais a serem visitados, foi iniciada a etapa de campo que ocorreu entre os meses de outubro e novembro de 2018, sendo aplicadas as metodologias estudadas.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES

#### 5.3.1 Rua Bom Jesus

Esta localidade está inserida no Bairro dos Estados, região sudeste do município de Camaragibe, fazendo divisa com o Município de Recife. Trata-se de uma região com encosta escarpada da Formação Barreiras, onde há diversos taludes de corte por toda a vertente. A encosta principal tem geometria de vale aberto, com alguns patamares escarpados. A rua principal de acesso ao bairro margeia a base da encosta. As moradias foram construídas ao longo da base e por toda a vertente. (Figura 17).

Figura 17 – Rua Bom Jesus, localizado no Bairro dos estados. Notar deslizamentos generalizados ao longo do setor com suas cristas destacadas em amarelo.



Foto: Autor

Na área foram observados deslizamentos translacionais planares nos taludes de corte, onde solo residual da Formação Barreiras é bastante heterogêneo com horizontes

variando de muito arenosos a muito argilosos, sendo este produto de uma deposição fluvial meandrante a anastomosada (Lima Filho, 1998). Essa variação textural resulta na formação de descontinuidades hidráulicas por diferença de permeabilidade, condicionando a ocorrência de superfícies de ruptura.

Durante o mapeamento dos taludes do setor, observou-se que nas cicatrizes não tratadas, provenientes de deslizamentos pretéritos, se instalam processos erosivos (Figura 18). Neste caso, chuvas de menor intensidade deflagram novos movimentos de massa, com expansão do movimento lateralmente e a montante.

Figura 18 – Cicatriz de deslizamentos pretéritos com processo erosivo instalado.



Foto: Autor

Essa área pode ser considerada como de risco muito alto, devido as características apresentadas, principalmente devido à falta de drenagens e estrutura nos taludes de corte, deslizamentos generalizados e falta de estrutura das moradias.

Resultado segundo IPT-Ministério das Cidades

O setor Rua Bom Jesus foi descrito como sendo, em sua maioria, risco muito alto (R4), com uma porção de risco alto (R3). Foram observadas diversas cicatrizes de deslizamento ao longo dos taludes, com as moradias construídas muito perto da base do talude (Figura 19). Feições erosivas nas cicatrizes também corroboram a decisão de classificar esse setor como de grau muito alto (Figura 20).

Figura 19 – Superfícies de ruptura observadas nas vertentes, indicam que há um processo instalado significando que o grau de risco é muito alto.



Fonte: Autor

Figura 20- Setorização de Perigo segundo metodologia IPT (2007).

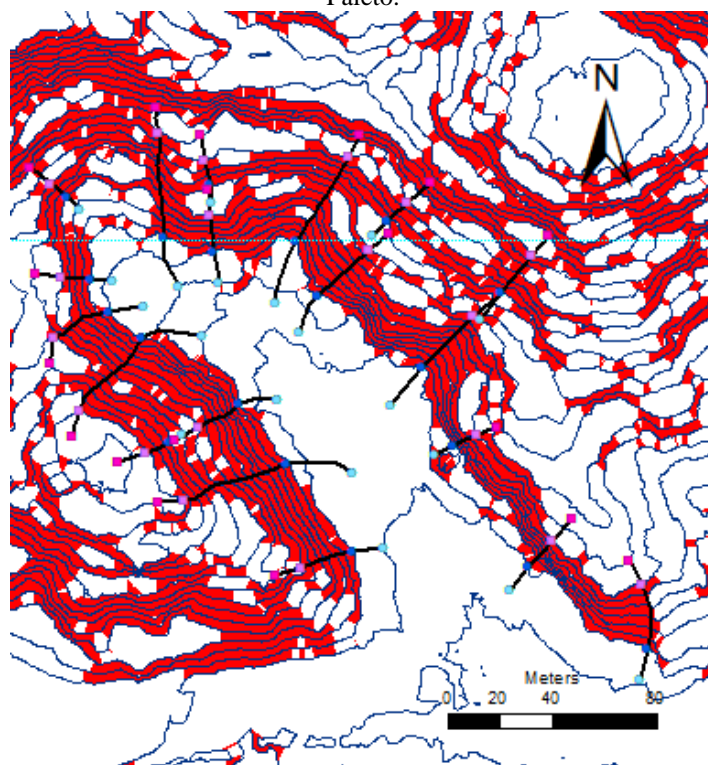


Foto: Autor

### Resultado segundo GIDES CPRM

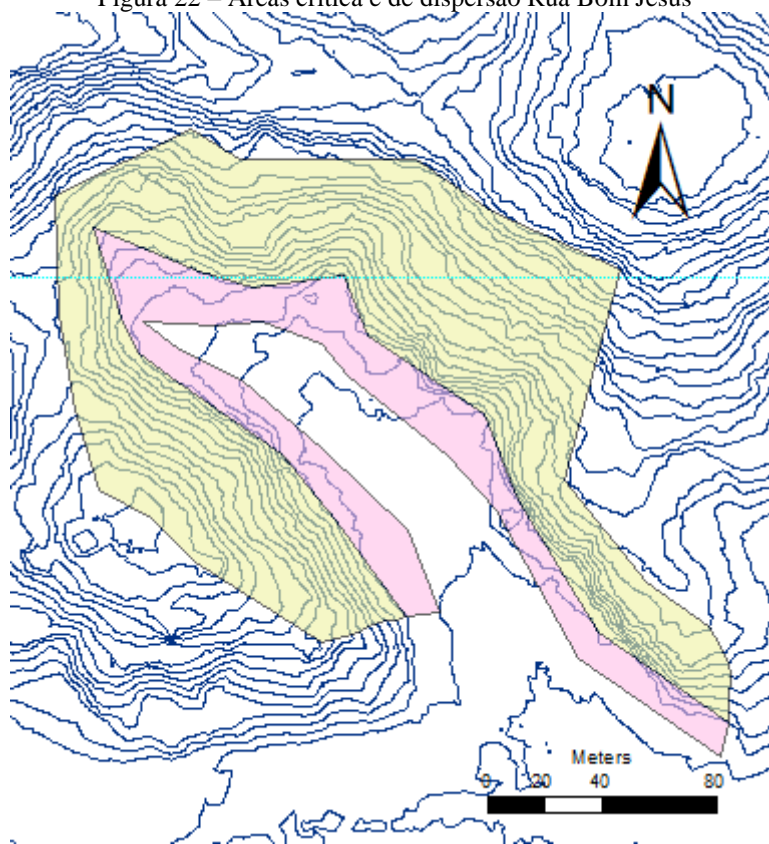
Inicialmente foram identificadas as áreas crítica e de dispersão na Rua Bom Jesus (Figuras 21 e 22).

Figura 21 – Linhas paralelas auxiliam na identificação das áreas críticas e de dispersão no córrego do Paletó.



Fonte: Autor

Figura 22 – Áreas crítica e de dispersão Rua Bom Jesus



Legenda    área crítica        área de dispersão    

Fonte: Autor

Primeiro é necessário avaliar onde se posiciona a área crítica em relação ao talude para a vistoria em relação aos indícios de movimentação presentes nos taludes (Figura 23). Uma observação importante é entender que o setor avaliado apresenta certa dificuldade de acesso, sendo muito difícil correr todo o setor. Contudo é possível fazer visadas que possibilitem a identificação de elementos de movimentação nas áreas onde o acesso é difícil. Nos taludes dentro da área crítica, foram observadas cicatrizes de deslizamentos anteriores (Figura 24). Dessa forma foi possível avaliar o grau de perigo como muito alto (P4) (Figura 25).

Figura 23 – Delimitação da área crítica e de dispersão na rua bom Jesus.



Imagem: Google Earth



Figura 24 – Cicatrizes de deslizamentos pretéritos ao longo da área crítica.



Foto: Autor

Figura 25- Qualificação de Perigo no setor Rua Bom Jesus.



Foto: Autor

### 5.3.2 Setor Córrego do Paletó

Trata-se de uma encosta com geometria de anfiteatro aberto e moradias construídas no vale e nas encostas adjacentes. O talude natural foi escavado para a construção das casas, apresentando um padrão com três patamares pronunciados (Figura 26). Deslizamentos translacionais superficiais são observados pontualmente, mobilizando uma quantidade menor que 100m<sup>3</sup> de material. Os taludes escavados foram os mais afetados por estes deslizamentos, são compostos por solo residual da Formação Barreiras, apresentando fácies areno-argilosa, não apresentam qualquer tipo de tratamento, facilitando a instalação de processos erosivos.

Figura 26 – Moradias construídas ao longo da encosta em patamares.

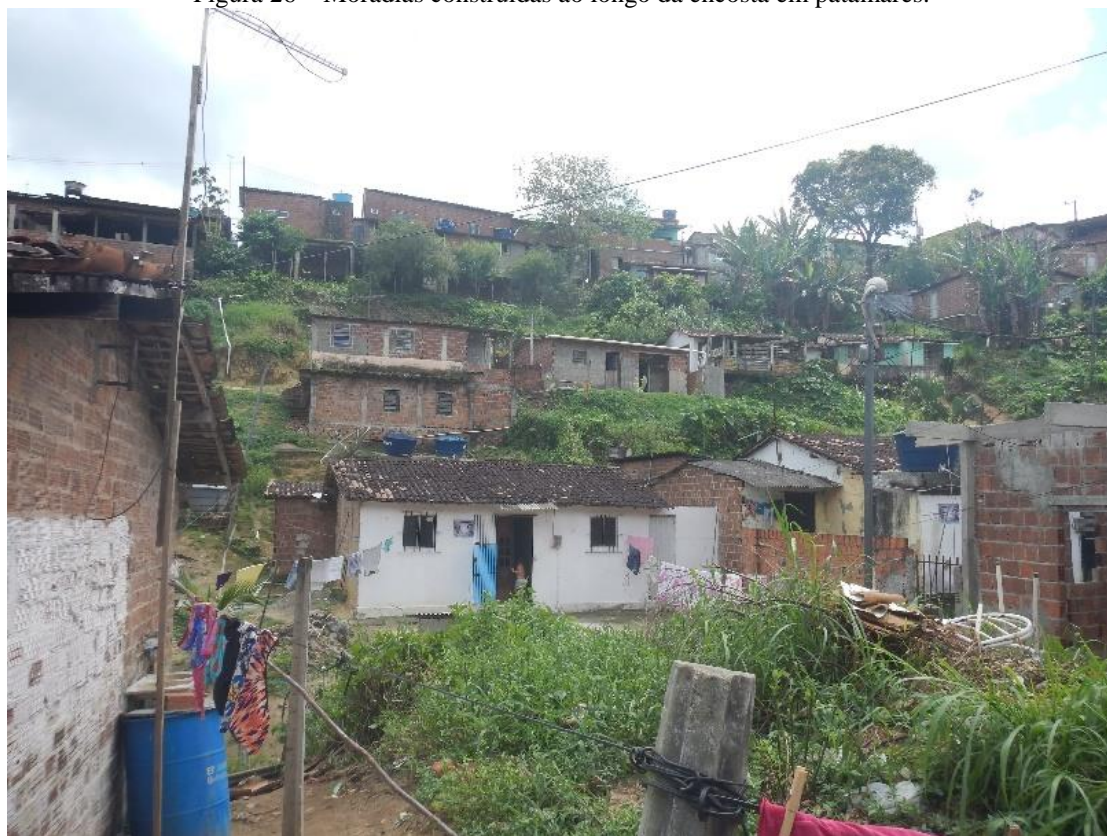


Foto: Autor

Ao longo do Córrego do Paletó, existem poucas intervenções estruturais, como a canalização do córrego, canaletas de drenagem e escadas de acesso. São obras pontuais, presentes, geralmente, nas entradas de acesso (Figura 27). Via de regra, as moradias não possuem estrutura, os taludes são descobertos e não existem drenagens que contemplem o bairro de forma global. A dificuldade de acesso existente no interior do bairro é um fator relevante para a classificação do risco, visto que, além de gerar bastante transtorno

aos moradores do local, pode tornar a evacuação em caso de deslizamentos generalizados inviável. Dessa forma, a classificação de risco adequada para o local é risco alto.

Figura 27 – Acesso Principal com via pavimentada e muro de arrimo.



Foto: Autor

### Segundo IPT-Ministério das Cidades

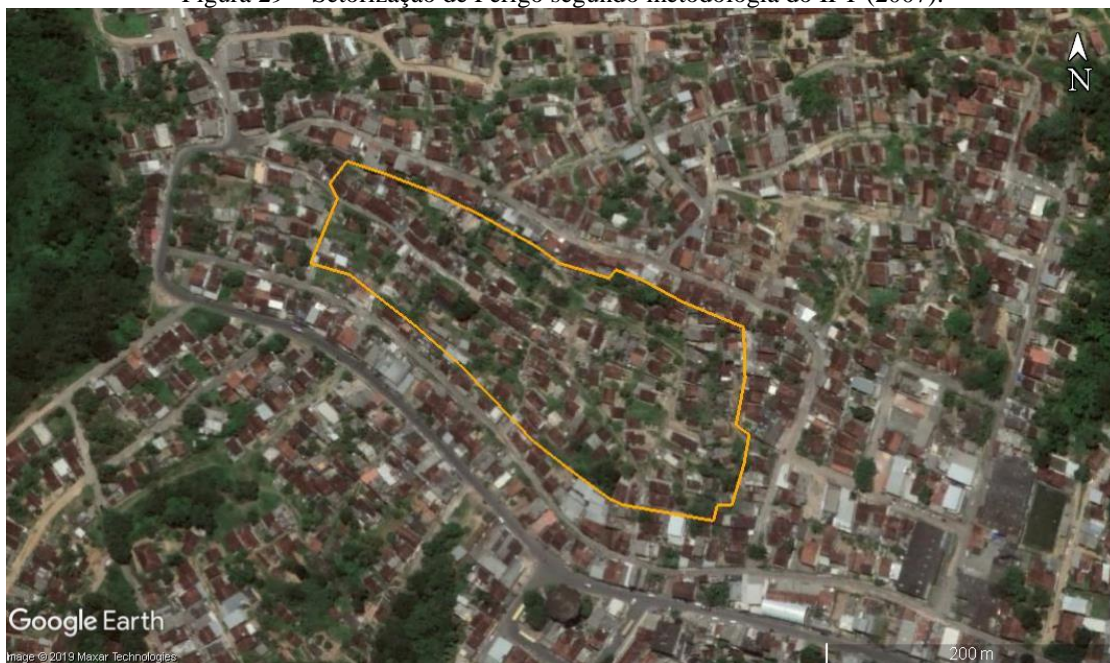
O Córrego do Paletó é uma área extensa, com porções de difícil acesso. Contudo, os taludes são relativamente baixos, a encosta não apresenta concentrações de água pronunciadas e as moradias são frequentemente bem estruturadas. Não é uma encosta muito vegetada e tem diversos pontos com cicatrizes de ruptura (Figura 28), porém estes estão presentes em taludes médios. Dessa forma, a classificação ficou como grau alto (R3) (Figura 29).

Figura 28 – Encosta com pouca vegetação. Em vermelho taludes com ruptura.



Foto: Autor

Figura 29 – Setorização de Perigo segundo metodologia do IPT (2007).

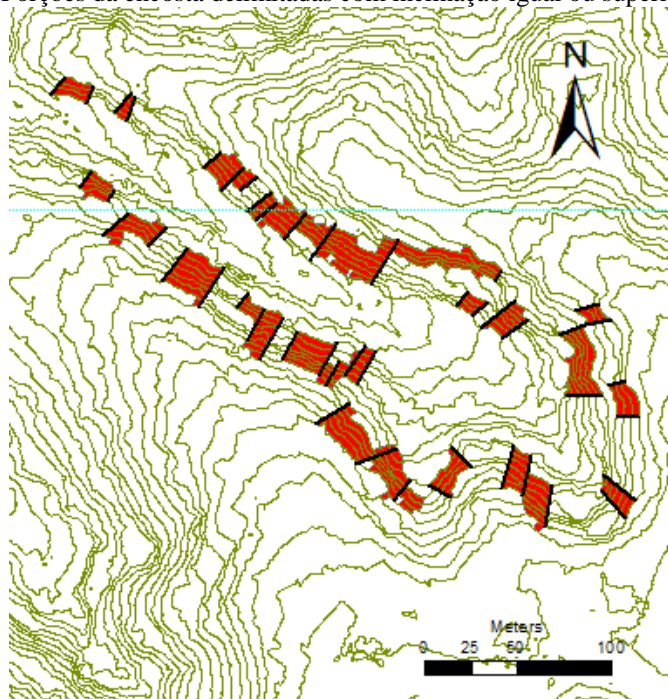


Fonte: Autor

Resultado segundo GIDES CPRM

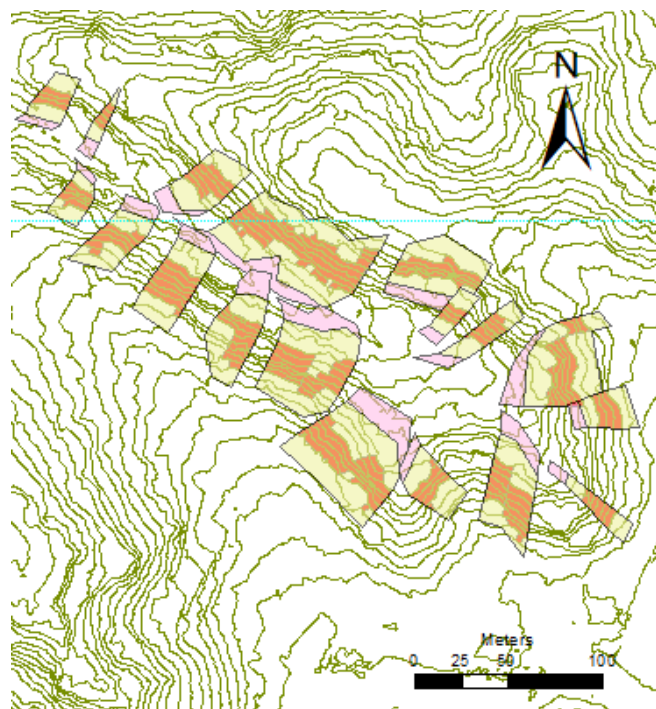
Áreas crítica e de dispersão no Setor Córrego do Paletó estão nas Figuras 30 e 31:

Figura 30 – Porções da encosta delimitadas com inclinação igual ou superior a 25°



Fonte: Autor

Figura 31 - Áreas crítica e de dispersão Córrego do Paletó



Legenda    área crítica     área de dispersão 

Fonte: Autor

No córrego do paletó, diferentemente do setor anterior, os taludes não são contínuos, sendo necessário avaliar todas as partes indicadas na (Figura 30). Contudo, mesmo não apresentando continuidade física, deslizamentos generalizados afetam todos os moradores da região direta ou indiretamente, seja pelo atingimento do material em suas moradias ou por obstrução das vias de acesso, por isso é importante a experiência do profissional em avaliar todas as situações de risco para que os setores possam ser individualizados da melhor forma possível.

No córrego do paletó, os indícios encontrados frequentemente foram trincas de tração, poucas cicatrizes de deslizamentos pretéritos foram observadas (Figura 32). Dessa forma a qualificação de risco, baseada nos indícios de movimentação associados a uma análise subjetiva indicaram o grau alto de perigo (P3) (Figura 33 e 34).

Figura 32 – Deslizamento pretérito atrás de moradia.



Foto: Autor

Figura 33 – Delimitação da área crítica e de dispersão no Córrego do Paletó.



Fonte: Autor

Figura 34- Qualificação de Perigo no setor Rua Bom Jesus.



Fonte: Autor

### 5.3.3 Setor Alto do Santo Antônio

Setor localizado próximo à região central do município de Camaragibe. Neste ponto, ocorreu, no ano de 2016, um grande deslizamento translacional que atingiu três casas a jusante. Neste acidente foi mobilizado um volume considerável de material, estado este disposto atualmente na base do talude. À montante deste ponto, uma rua de

acesso canaliza as águas pluviais diretamente para o ponto da cicatriz remanescente do movimento onde ocorreu a ruptura (Figura 35), contribuindo para a instalação de um processo erosivo e para a possibilidade de reativação do movimento, com expansão lateral e à montante.

Figura 35 – Processo erosivo instalado na cicatriz remanescente de acidente ocorrido em 2016.



Foto: Autor

Adjacente ao deslizamento ocorrido, existe uma proeminente drenagem com taludes íngremes, onde há muitas bananeiras, indicativas da alta saturação do solo (Figura 36). Esta drenagem termina em um conjunto de cerca de doze casas, construídas imediatamente à jusante da drenagem. Possivelmente, antes de sua construção, as águas desse talvegue foram canalizadas, ou por baixo ou pelo lado das moradias. Contudo, eventos de chuva extrema, quando deslizamentos sucessivos podem ocorrer dentro do talvegue, condicionam a formação de movimentos complexos como fluxo de detritos. Tais movimentos tem grande alcance e magnitude, podendo causar severas destruições.



Figura 36 – Talvegue encaixado no relevo, com bananeiras indicando alta saturação do solo.



Foto: Autor

### Segundo IPT-Ministério das Cidades

Neste local ocorreu um grande deslizamento no ano de 2016, atingindo três casas a jusante da ruptura. Na cicatriz de deslizamento instalou-se um forte processo erosivo (Figura 35), que aumenta a probabilidade de reativação do movimento, com possível expansão a montante e para a lateral. Na encosta adjacente, existem várias bananeiras e uma pronunciada drenagem. Contudo, as casas atingidas foram removidas, ficando o local como uma área de dissipação do movimento, logo a classificação ficou como grau alto (R3) (Figura 37).

Figura 37 – Setorização de Perigo segundo metodologia do IPT (2007).

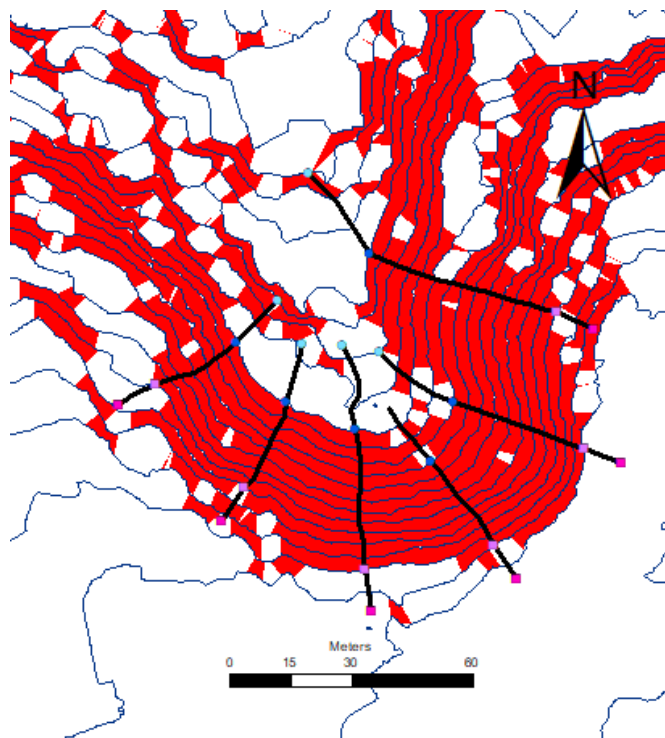


Fonte: Autor

### Resultado segundo GIDES CPRM

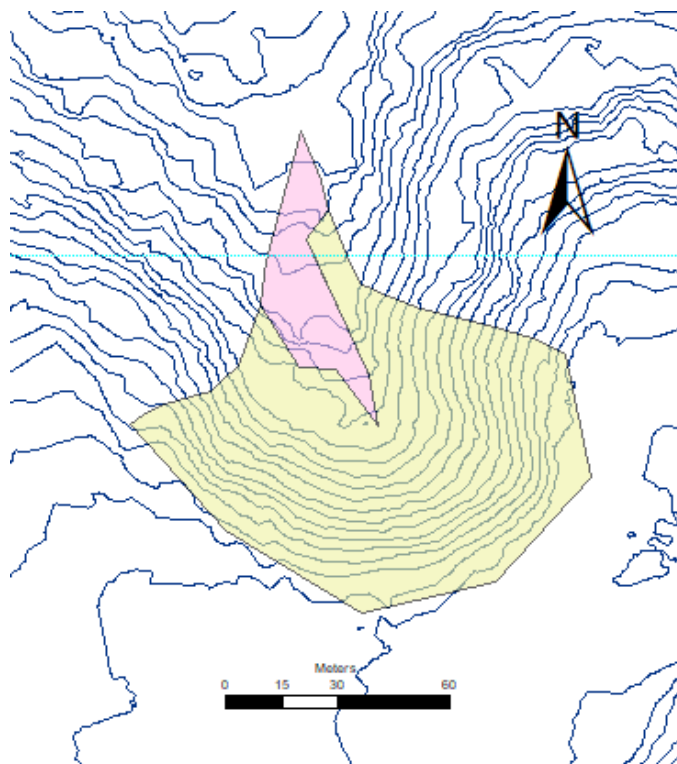
Áreas crítica e de dispersão no Setor Alto do Santo Antônio (Figuras 38 e 39):

Figura 38 – Linhas paralelas auxiliam na identificação das áreas críticas e de dispersão no Alto do Santo Antônio.



Fonte: Autor

Figura 39- Áreas crítica e de dispersão no Alto do Santo Antônio



Legenda    área crítica        área de dispersão   

Fonte: Autor

No alto do Santo Antônio a encosta apresenta uma grande cicatriz de deslizamento (Figura 40), ocorrido no ano de 2016, que atingiu três casas. Ao longo da cicatriz há um processo erosivo instalado que vem carregando material em dias de chuva, com possibilidade de reativação do movimento. Como a cicatriz está dentro do polígono da área crítica (Figura 41), esta deve ser qualificada como grau muito alto de perigo (P4). Sendo a área de dispersão o grau imediatamente abaixo (P3) (Figura 42).

Figura 40 – Cicatriz de deslizamento dentro da área crítica no Alto do Santo Antônio.



Foto: Autor

Figura 41 – Delimitação da área crítica e de dispersão no Alto do Santo Antônio.



Fonte: Autor

Figura 42- Qualificação de Perigo no setor Alto do Santo Antônio.



Fonte: Autor

#### 5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Ambas as metodologias estudadas, apresentam um roteiro prático para sua aplicação, podendo ser aplicadas mesmo por um profissional recém-formado, mas sempre com a supervisão de alguém mais experiente. A espacialização dos eventos baseado no inventário de ocorrências é comum as duas metodologias, utilizando além do conhecimento pretérito das bases cartográficas, o conhecimento da defesa civil quando esta tem bancos de dados apropriados, como no caso de Camaragibe. Isso se deve muito a própria estruturação da defesa civil municipal como secretaria, o que possibilita manter funcionários de carreira que são a própria memória da prefeitura.

Na fase da avaliação dos setores é onde aparece as nuances de cada método. Aquele proposto pelo IPT, avalia de forma subjetiva, sempre contando com a experiência do profissional para alcançar o resultado almejado. Dessa forma, entende-se que essa metodologia pode ser considerada qualitativa. Ela se baseia em diferentes parâmetros como presença de água, vegetação, estrutura das moradias, dentre outros. Isso torna a avaliação mais completa e complexa, pois um parâmetro pode ter um peso maior que outro dependendo da situação.

Já na metodologia GIDES-CPRM a avaliação em campo é direcionada, pois a área de estudo já foi pré-selecionada, sendo que este parâmetro foi observado como satisfatoriamente coincidente nos locais aqui estudados (Figura 43). Como a área crítica se baseia unicamente em critérios topográficos, este ganha maior peso na fase pré campo. No campo a identificação de sinais de movimentação ganha maior importância, sendo o parâmetro mais importante na qualificação do grau de risco, dessa forma esta metodologia pode ser considerada como quantitativa. Contudo, é necessária certa experiência do profissional que irá utilizar este método, para avaliar se a área crítica obtida em escritório é condizente com aquilo que se observa em campo.

Figura 43 – Setorização do grau de perigo superposto com a área crítica no setor Rua Bom Jesus. Notar que a superposição é satisfatória, necessitando de poucos ajustes.



Fonte: Autor

A diferença de obtenção da área setorizada com grau de perigo acaba gerando pequenas divergências entre os resultados, mas substancialmente o resultado apresentado é o mesmo. Como pode ser observado na Figura 44 e 45, as metodologias apresentam uma setorização e qualificação de risco/perigo próximas.

Figura 44 – Setorização de risco feito pela metodologia do IPT.



Imagem: Google Earth

Figura 45 – Setorização de Perigo feito pela metodologia GIDES CPRM.



Imagem: Google Earth

Os resultados obtidos pelas metodologias distintas apresentam convergência satisfatória, visto que a área abrangida pelo setor é parecida (Figuras 46 e 47), mudando apenas a qualificação do grau de risco em algumas partes da área avaliada.

Figura 46 – Setorização de Perigo feito pela metodologia do IPT.



Imagem: Google Earth

Figura 47 – Setorização de Perigo feito pela metodologia do IPT.



Imagem: Google Earth

Apesar das metodologias apresentarem um resultado confluyente, a fase pré campo é bem diferente entre ambas. Enquanto a metodologia do IPT utiliza-se das bases prontas para estudo prévio, a metodologia GIDES-CPRM necessita de uma jornada de escritório considerável. Sendo necessário a utilização de *softwares* como *arc gis 10.5*, além de



alguém treinado nas suas ferramentas, algo que não é tão comum de se encontrar. Tratando-se de metodologias que podem vir a ser utilizadas por defesas civis municipais, isso pode dificultar ou até inviabilizar a utilização desse método de mapeamento.

Foram necessários cerca de cinco dias de escritório para a preparação das bases como mapa de inclinação e para a aplicação do passo a passo para a obtenção da área crítica e de dispersão. No caso de usuários inexperientes esse tempo pode aumentar consideravelmente, podendo encarecer o custo da aplicação do método. Outro fato a ser considerado é que este método utiliza parâmetros topográficos como sua principal informação para avaliar o grau de perigo. Este fato é um problema no Brasil, visto que a maioria dos municípios, principalmente do norte e nordeste, não dispõem de bases cartográficas de qualidade.

Cada metodologia pôde ser avaliada para entender sua aplicabilidade e limitações. Ambas apresentaram uma resposta satisfatória quanto a qualificação do grau de perigo e área setorizada. E mesmo que alguns parâmetros utilizados sejam coincidentes, ambas apresentam diferenças orgânicas que em certos aspectos, acabam sendo mais vantajosas em determinadas situações que podem ser descritas a seguir:

### IPT

#### ***Vantagens***

- Preparação rápida da fase pré campo (Utiliza bases prontas);
- Avaliação do grau de perigo leva em conta diversos parâmetros como água, solo, vegetação;
- Se feita por profissional experiente tende a ser mais rápida a apresentação do relatório final;
- Pode ser aplicado com maior facilidade pelas defesas civis municipais.

#### ***Desvantagens***

- Necessita de profissional experiente;
- Não depende de bases cartográficas robustas;
- Produtos feitos por diferentes profissionais não devem ser comparados;
- Dificuldade em avaliar os elementos que devem entrar na setorização;
- Erros de avaliação são mais fáceis de acontecer.

## GIDES-CPRM

### *Vantagens*

- Utiliza dados quantitativos que podem ser aplicados por qualquer profissional;
- A fase de campo é apoiada por uma base cartográfica previa, o que diminui a necessidade de um profissional muito experiente;
- A qualificação do grau de perigo usa elementos facilmente identificáveis;
- Tende a ser mais completa, apresentando diferentes produtos no final.

### *Desvantagens*

- A fase pré campo é demorada e depende de software específico, bem como profissional qualificada a utiliza-lo;
- Depende de bases cartográficas em detalhe;
- Sua aplicação por defesas civis municipais pode ser dificultada devido à falta do software e de profissionais;
- Utilização apenas de parâmetros topográficos para identificar as áreas críticas.

## 6 – CONCLUSÃO

A gestão de risco a desastres naturais tem se mostrado cada vez mais importante no contexto de políticas públicas de grandes cidades. Com o aumento das cidades sem a urbanização adequada, consolidação da população nas regiões metropolitanas e aumento de eventos climáticos extremos devido ao aquecimento global, este tema tem ganhado cada vez mais destaque na mídia. Movimentos de massa como os deslizamentos de terra, causam todo ano, grandes impactos financeiros além de mortes, no Brasil e no Mundo. Por isso o estudo a fundo deste tema se faz de grande importância.

No Brasil deslizamentos causam grandes estragos todos os anos, trazendo impactos financeiros severos e perdas significativas de vidas humanas. Por isso, estudos sérios de avaliação de áreas de risco e perigo sempre estiveram presentes na academia. Todavia as aplicações dos métodos de mapeamento, sempre foram locais nunca atingindo a escala nacional. Por isso em 2007, o governo federal publicou o livro “Mapeamento de encostas e Margens de Rios” onde detalharam a metodologia de levantamento de áreas de risco feita pelo IPT em 2004. Nessa metodologia o profissional pode seguir um roteiro objetivo para a confecção do mapa de risco, que pode auxiliar efetivamente as gestões públicas.

Esta metodologia utiliza bases cartográficas e inventário de ocorrências para delimitar a área de estudo, onde o profissional poderá buscar elementos como a vulnerabilidade das moradias, tipo de talude, material, inclinação, presença de água, vegetação e sinais de movimentação para avaliar o grau de risco, chamado de perigo nesta dissertação. Esses elementos podem ser identificados em campo com o auxílio de fichas de campo que são bastante úteis para identificar os processos e avaliar o grau de perigo. Assim sendo, se pode classificar este método como qualitativo, pois depende muito da experiência do profissional para a realização do produto final.

Apesar dessa metodologia ter sido adotada em larga escala, por ser um método qualitativo apresenta certos problemas, dessa forma no ano de 2018 a CPRM junto com o governo do Japão publicou uma metodologia de mapeamento aqui descrita como GIDES-CPRM. Onde parâmetros topográficos e indícios de movimentação dos taludes são elementos chave para a qualificação do grau de perigo. Para isso utiliza-se bases cartográficas de detalhe para identificar inclinações superiores a 25° em taludes maiores que metros. Com isso é possível detalhar uma área crítica, onde os processos de

instabilização estão atuando e uma área de dispersão do movimento gravitacional de massa.

Após a identificação dessas áreas, o profissional vai a campo para corroborar os dados levantados em escritório, podendo validar ou não as áreas previamente delimitadas. O passo seguinte é vistoriar a área crítica em busca de indícios de movimentação que possam ajudar na qualificação do grau de perigo. Se observado trincas de tração, fendas, surgência de água ou inclinação de árvores, a instrução é classificar a área como grau de risco alto, em uma classificação que vai de perigo médio (P2) até perigo muito alto (P4). Caso seja observado degraus de abatimento ou cicatrizes de movimentos pretéritos, a instrução é classificar como grau de perigo muito alto (P4). A área de dispersão deverá ser classificada sempre um grau abaixo daquele classificado na área crítica.

Após a avaliação do resultado da setorização, aplicando-se as duas metodologias, pode-se concluir que o resultado apresentado é similar. As diferenças de setorização apresentadas foram pequenas, indicando que apesar das diferenças na produção do mapa o resultado obtido é o mesmo. Considerando a dinâmica que envolve a gestão do risco a desastres, a velocidade da modificação das áreas de risco e a quantidade limitada de recursos financeiros para a realização dos trabalhos, a metodologia do IPT acaba ganhando vantagem sobre a CPRM GIDES por ser mais rápida sua execução.

Contudo, a classificação do perigo é uma análise qualitativa em ambas as metodologias, mesmo com um roteiro a ser seguido, vale a observação do profissional em campo. Assim sendo, as metodologias são satisfatoriamente coincidentes sendo que a aplicada pelo IPT tem a vantagem de ser mais rápida e a aplicada pela GIDES CPRM tem a vantagem de poder ser utilizada por profissionais com menos experiência. Outra questão não menos importa está no fato das metodologias estarem em consonância com as políticas públicas que versam sobre a questão de risco geológico, podendo ser utilizada em todas as esferas de governo tanto para espacialização, quanto para temporização dos fenômenos relacionados a movimentos de massa.

## 6.1 DISCUSSÕES

A gestão de risco no Brasil tem como maior desafio a falta de recursos financeiros, logo, metodologias de mapeamento rápidas e que utilizam menor necessidade de bases robustas, acabam ganhando vantagem sobre aquelas que necessitam de muitos

dados para serem produzidas. A influência da experiência profissional é marcante em ambos os métodos estudados. Um profissional capacitado e com experiência é a peça chave para que os mapeamentos de perigo possam ser bem-sucedidos. Assim como um banco de dados sólido, com as informações dos deslizamentos que atingem determinado município, são elementos significativos para a confecção de um produto.

Contudo, para isso, é necessária uma formação acadêmica sólida voltada a geologia de engenharia e geotecnia. Dessa forma os cursos de geologia pelo país devem se atentar se esta disciplina está sendo contemplada de forma satisfatória no currículo. Pois os desafios inerentes a gestão de risco a desastres naturais, tendem a aumentar devido as pronunciadas mudanças climáticas observadas na atualidade. É necessário que a comunidade geológica busque a excelência nessa questão que tanto pode contribuir para o desenvolvimento da sociedade.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

O aperfeiçoamento das metodologias, o desenvolvimento dos profissionais e a simbiose entre empresas e academia, devem ser objetivos conjuntos da sociedade. A consolidação de métodos de mapeamento de perigo é vital para a consolidação do gerenciamento de desastres, sendo este um tema relevante no Brasil e no mundo. O poder público necessita de bons profissionais que possam dar continuação a esses estudos tão importantes para desenvolvimento sustentável do país.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEOTI, P., CHOWDHURY, R. (1999), **Bulletin Enginner Geology Enviroment**. 58: 21-44 Springer-Verlag

ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, F. A. J.; OLIVEIRA FILHO, J. S. (1988), *Sistema Deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental*. XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, V.2, pp.743-760, Belém, Pará.

ALHEIROS, M. M. (1998), **Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado em Geologia Sedimentar, UFBA, Salvador-BA,

ALHEIROS, M. M. et al. (2003), **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**, Recife-PE, Brasil.

AUGUSTO FILHO, O., CERRI, L. E. S., AMENOMORI, C. J. (1990a), *Riscos Geológicos: Aspectos Conceituais*. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano, 1, São Paulo, 1990. *Anais...* São Paulo: ABGE, pp. 334-341.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1., 1992. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: 1992. p. 721-733.

BANDEIRA, A. P. N. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no Município de Camaragibe -PE** / Ana Patrícia Nunes Bandeira. – Recife: O Autor, 2003. xxiii, 209 folhas

BANDEIRA, A. P. N.; ALHEIROS, M. M.; COUTINHO, R. Q. (2005). **Mapeamentos de Risco de Escorregamento: Contextualização e Estudos de caso em Camaragibe (PE)**. In: IV COBRAE - Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Salvador: ABMS, v. 1. p. 61-74.

BITTAR, Omar Yazbek (Org.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – Instituto de Pesquisa Tecnológica, Divisão de Geologia. 1995. 247 p.

129p.BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil –

CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)>. Acesso em: 2017-10-24.

BRASIL (2007). Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S; OGURA, A. T. (orgs.), Brasília. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro\\_Mapeamento\\_Enconstas\\_Margens.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2017.

BRITO NEVES, B. B. (1975) de. **Regionalização Geotectônica do pré-cambriano nordestino**. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, universidade de São Paulo, 198p.

CERRI, L. E. S., AMARAL, C. P. (1998), **Riscos Geológicos**. In: Geologia de Engenharia. 1.ed. São Paulo: ABGE. Cap.18, pp. 303-310.

CHAGURI, F. G. **Análise de métodos de mapeamento de perigo: uma proposta de mapeamento de perigo de escorregamento planar de solo via utilização do método participativo** / Gláucia Chaguri Fumes. -Rio Claro: [s.n.], 2012

COUTINHO, R. Q.; MAGALHÃES J. L. A. (2015). **Estudo de Estabilidade de Encosta com Risco de Deslizamento no Município de Camaragibe** / Pernambuco - Brasil. In: XV Panamerican Conference on Soils Mechanics and Geotechnical engineering, Buenos Aires. v. 1.

COUTINHO, R. Q.; BANDEIRA, A. P. N. **Gerenciamento de áreas de riscos: Ações estruturais e não estruturais**. In: LACERDA, W. A.; PALMEIRA, E. M.; COELHO NETO, A. N.; EHRLICH, M. (Org.) Desastres Naturais: Suscetibilidade e Riscos, Mitigação e Prevenção Gestão e Ações Emergenciais. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2012b. p. 163-178.

COUTINHO, R. Q.; BANDEIRA, A. P. N. **Processos de Instabilização de Encostas e Avaliação do Grau de Risco: Estudo de Caso nas Cidades de Recife e Camaragibe**. In: LACERDA, W. A.; PALMEIRA, E. M.; COELHO NETO, A. N.; EHRLICH, M. (Org.) Desastres Naturais: Suscetibilidade e Riscos, Mitigação e Prevenção Gestão e Ações Emergenciais. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2012a. p. 41-61.

COUTINHO, R. Q.; MEIRA, F. F. D. de A.; CANTALICE, J.R.B. (2010). **Estudo do Processo Erosivo em Uma Encosta Ocupada Pertencente à Formação Barreiras**. In: COBRAMSEG, 2010, Gramado.

EMBRAPA, 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SPI

FERNANDES, M. A. **Estudo dos mecanismos de instabilização de um talude de solo arenoso não saturado localizado na região centro oeste paulista** / Mariana Alher Fernandes; Orientador: Oswaldo Augusto Filho. São Carlos - 2016

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P., 2003, **Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico- geomorfológica**, In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B., Geomorfologia e meio ambiente, Ed. Bertrand Brasil, 4ª edição, Rio de Janeiro, Brasil

GEO-RIO (2000), **Manual Técnico de Encostas**. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro – GEO-RIO – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GIRÃO, O. **Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco**. Osvaldo Girão. Rio de Janeiro: UFRJ / CCMN, 2007. xv, 305 f. : il. ; 29,7 cm

GUERRA, A. J. T. (1998), **Processos Erosivos nas Encostas**. Geomorfologia. Uma Atualização de Bases e Conceitos. 3a. Ed Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M. (2007). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. 3ª ed. Rio de Janeiro.

GUSMÃO FILHO, J. A., ALHEIROS, M. M., JUSTINO DA SILVA, J. M, GUSMÃO, A. D., BASTOS, E. G., LEAL, P. C., FERREIRA, H. N., 1993. **Mapeamento de risco das encostas ocupadas do Recife**. Gusmão Eng. Associados. URB/CODECIR, Relatório Técnico, Recife, 32p; 3 mapas 1:10000; Anexos.

GUZETTI, F. **Landslide Mapping, Hazard Assessment and Risk Evaluation, Limits and Potential**. International Symposium on Landslide and Debris Flow Hazard Assessment, 2004, C1-19.

INFANTI JR., FORNASARI FILHO, N., 1998. **Processos de dinâmica superficial**. Geologia de Engenharia, Capítulo 9, pp 131-152. ABGE – Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, São Paulo – SP.



LIMA FILHO, Mario Ferreira de. **Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco**. 1998. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Acesso em: 2018-03-24.

**Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais** – Projeto GIDES. (livro eletrônico): CPRM (2018) - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 páginas (pdf). Acesso em: 2019-02-24.

**Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana de Recife**. Coord Margareth Mascarenhas Alheiros; Jan Bitoun, Maria Ângela de Almeida Souza; Sônia Maria Gomes de Matos Medeiros; Washington Moura Amorin Junior. Recife 2003

PAZ, YENÊ & GOUVEIA, RENATA & GALVICIO, JOSICLEDA & SOUZA, WERÔNICA. (2016). **Temporal variability of rainfall and environmental vulnerability of the northern part of the zona da mata and metropolitan region of Pernambuco**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing.. Acesso em: 2018-11-05.

PRANDINI, NAKAZAWA e FREITAS (1992), **Cartografia Geotécnica nos Planos Diretores Regionais e Municipais**. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado 207 de São Paulo. Curso de Geologia de Engenharia aplicada a problemas ambientais. São Paulo: DIGEM/AGAMA. pp.233-254.

RODRIGUES, B. B. (1998), **Inventário e análise de susceptibilidade aos movimentos de massa gravitacionais e erosões na região de Águas de Lindóia - SP** – escala 1:10000. São Carlos. Dissertação (Mestrado em geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

OLIVEIRA, M.; CARVALHO VIEIRA, B.; ROSS, J. **Suscetibilidade Morfológica e Geológica aos Escorregamentos no Planalto de Paraitinga-Paraibuna (SP)**. Revista do Departamento de Geografia, n. spe, p. 93-106, 9 set. 2018.

SILVA, M. (2007). **Estudo geológico-geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade no município de Camaragibe – PE**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 436 p.

SOUZA, A. P. L. de. (2014). **Estudos geotécnicos e de estabilidade de taludes da encosta do Alto do Padre Cícero no município de Camaragibe – PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 180 p.

VARGAS, M. (1981), **Progresso dos Estudos Geotécnicos dos Solos Tropicais em São Paulo**. Simp. Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia. COPPE/UFRJ-CNPq -

ABMS. Rio de Janeiro. Vol.2, pp.66-120.

TATIZANIA, C., OGURA, A. T., CERRI, L. E. S., ROCHA, M. C. M. (1987), **Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos**, In: V CBGE, São Paulo, Vol. 2, pp.225-236.

ZUQUETTE, L. V. (1987), **Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para Condições Brasileiras**. Tese (Doutorado) EESC/USP, São Carlos. 4v.

ZUQUETTE, L. V. (1993), **Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e Ocupação do meio Físico: Fundamento e Guia para Elaboração**. Tese de livre docência EESC/USP, São Carlos. 2v.