

# PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO DE SANTA MARIA DE JETIBÁ – ES - BRASIL

MUNICIPAL PLAN FOR RISK REDUCTION OF SANTA MARIA DE JETIBÁ - ES - BRAZIL

LEONARDO ANDRADE DE SOUZA

*Zemlya Consultoria e Serviços LTDA. Belo Horizonte - Brasil.*

*E-mail: leonardo@zemlya.com.br*

MARCO AURÉLIO COSTA CAIADO

*Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Espírito Santo - Brasil.*

*E-mail: macaiado@gmail.com*

FILLIPE TESCH

*Avantec Engenharia. Vitória - Brasil.*

*E-mail: fillipetesch@gmail.com*

GILVIMAR VIEIRA PERDIGÃO

*Zemlya Consultoria e Serviços LTDA. Belo Horizonte - Brasil.*

*E-mail: gilvimar@zemlya.com.br*

LARISSA TOSTES LEITE BELO

*Zemlya Consultoria e Serviços LTDA. Belo Horizonte - Brasil.*

*E-mail: laristbello@gmail.com*

## RESUMO ABSTRACT

O Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de Santa Maria de Jetibá - ES é parte integrante de um trabalho executado pelo Governo do Espírito Santo em 17 municípios prioritários do Estado, tendo como objetivos principais a ampliação do conhecimento sobre os processos geodinâmicos ocorrentes, riscos e ações de gerenciamento efetivas para enfrentamento dos eventos adversos. Neste caso específico, dentre as temáticas tratadas neste PMRR serão abordados os estudos relacionados ao mapeamento do risco geológico e hidrológico do município de Santa Maria de Jetibá com os resultados das etapas de identificação do mapeamento do risco geológico-geotécnico, bem como as propostas de intervenções estruturais e não estruturais para a eliminação e/ou redução destes. O município tem sua sede a 87,0 quilômetros da capital do estado, possui uma população de 34.176 habitantes e uma área de 735.579 km<sup>2</sup>. O PMRR é uma importante ferramenta para orientar a implementação de uma política pública de gestão para a redução de riscos e desastres em Santa Maria de Jetibá.

**Palavras-chave:** Redução de Risco, Política Pública, Santa Maria de Jetibá.

The Municipal Plan Risk Reduction (PMRR) of Santa Maria Jetibá - ES is part of a work developed by the government of the Espírito Santo state (Brazil) in 17 priority cities, having, as main objectives, the expansion of Knowledge about the geodynamic processes, risks and effective actions of management in order to face adverse events. In this particular case, among the issues addressed in this PMRR, were considered the studies related to mapping of geological risk, the maps of geological and geotechnical risks, as well as the proposals for structural and non structural interventions for risk elimination and / or reduction. The municipality is located 87.0 km from the state capital, has a population of 34.176 inhabitants and an area of 735.579 km<sup>2</sup>. The PMRR is an important tool to guide the implementation of a public policy of management for the reduction of risks and disasters in Santa Maria Jetiba.

**Keywords:** Risk Reduction, Public Politic, Santa Maria Jetiba.

## 1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A urbanização é um processo característico da civilização humana e os problemas a ela inerentes são largamente estudados atualmente. Enquanto em 1800 apenas 1% da população mundial vivia em cidades, a partir da revolução industrial, a urbanização se acelerou em ritmo ascendente, de forma que, durante a primeira metade do século XX, a população total do mundo aumentou 49%, enquanto a população urbana aumentou 240%. Durante a segunda metade do século, a população urbana passou de 1.520 milhões em 1974 para 1.970 milhões em 1982 (Tucci, 2003). No século XXI este número já ultrapassou 2.100 milhões em 2014.

No Brasil, o processo de urbanização nos últimos 50 anos tem se caracterizado pelo incremento da população em grandes cidades, tendo o número de localidades urbanas com população igual ou maior que 20.000 habitantes passado de 89, em 1950, para 870, em 2010, com a população total nessas localidades alterada de 24 para 131 milhões (George & Schensul, 2013).

Em relação aos desastres naturais, estes afetam indistintamente toda a humanidade gerando inevitavelmente um sem número de vítimas e prejuízos econômicos. A conjunção entre especificidades do substrato geológico, características geomorfológicas, eventos climáticos e aumento expressivo da urbanização tem levado a situações críticas por todo o planeta. Uma simples leitura de um jornal diário de alguma forma sempre abrange o fato de que algum evento ocorreu ou está para ocorrer, relacionados em sua maioria a deslizamentos, inundações, enxurradas, entre outros. No Brasil não é diferente, sendo que o histórico brasileiro de crescimento desordenado nas últimas décadas, e atuais taxas de urbanização acima de 84%, só corroboram para o incremento da vulnerabilidade de pessoas, infraestrutura e instalações tornando a questão da prevenção de desastres e acidentes de natureza geológica e hidrológica um dos maiores problemas nacionais, tanto pelas perdas de vida frequentes, como pelos danos e prejuízos econômicos causados à sociedade.

Os eventos recentes relacionados a grandes desastres ocorridos no Brasil, como as inundações em novembro de 2008 e setembro de 2011, no Vale

do Itajaí, em Santa Catarina, as enxurradas e deslizamentos em janeiro de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro e as cheias da Região Norte e Noroeste do estado do Espírito Santo em 2013, entre outros, aumentaram a percepção da sociedade brasileira sobre a ocorrência de desastres e evidenciam a urgente necessidade de desenvolvimento de instrumentos eficazes de prevenção e mitigação de riscos, além da qualificação da resposta aos desastres (Sobreira & Souza, 2012).

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2012), apenas no Estado do Espírito Santo foram contabilizados entre os anos de 1991 e 2010, 491 registros oficiais de inundações bruscas e graduais que resultaram em 400 mil habitantes atingidos, sendo que desses 339.329 foram afetados, 17.109 ficaram desalojados, 4.401 desabrigados e 3 mortos; e 114 registros de movimentos gravitacionais de massa que resultaram em 184.781 habitantes afetados, com 6.602 desalojados, 734 desabrigados e 9 mortos.

Diante dessa problemática foram elaborados para 17 municípios capixabas definidos como prioritários pela Defesa Civil Estadual, Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR) com o propósito de atender às expectativas da sociedade capixaba para a formulação de estratégias, diretrizes e procedimentos que efetivamente consigam ampliar o conhecimento sobre os processos geodinâmicos, riscos e desastres, com proposição de ações estruturais e não estruturais para reduzir os riscos e minimizar o impacto relacionado aos desastres no Estado. O Plano Municipal de Redução de Risco de Santa Maria de Jetibá aqui apresentado é parte integrante deste trabalho.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO

O município de Santa Maria de Jetibá possui uma população de 34.176 habitantes e uma área de 735,579 km<sup>2</sup>. Sua sede está a 87,0 quilômetros da capital do estado, Vitória. O município de Santa Maria de Jetibá limita-se com os seguintes municípios: ao norte com Santa Teresa e Itarana, a oeste com Afonso Cláudio, ao sul com Domingos Martins e a leste com Santa Leopoldina, conforme ilustrado na Figura 1.

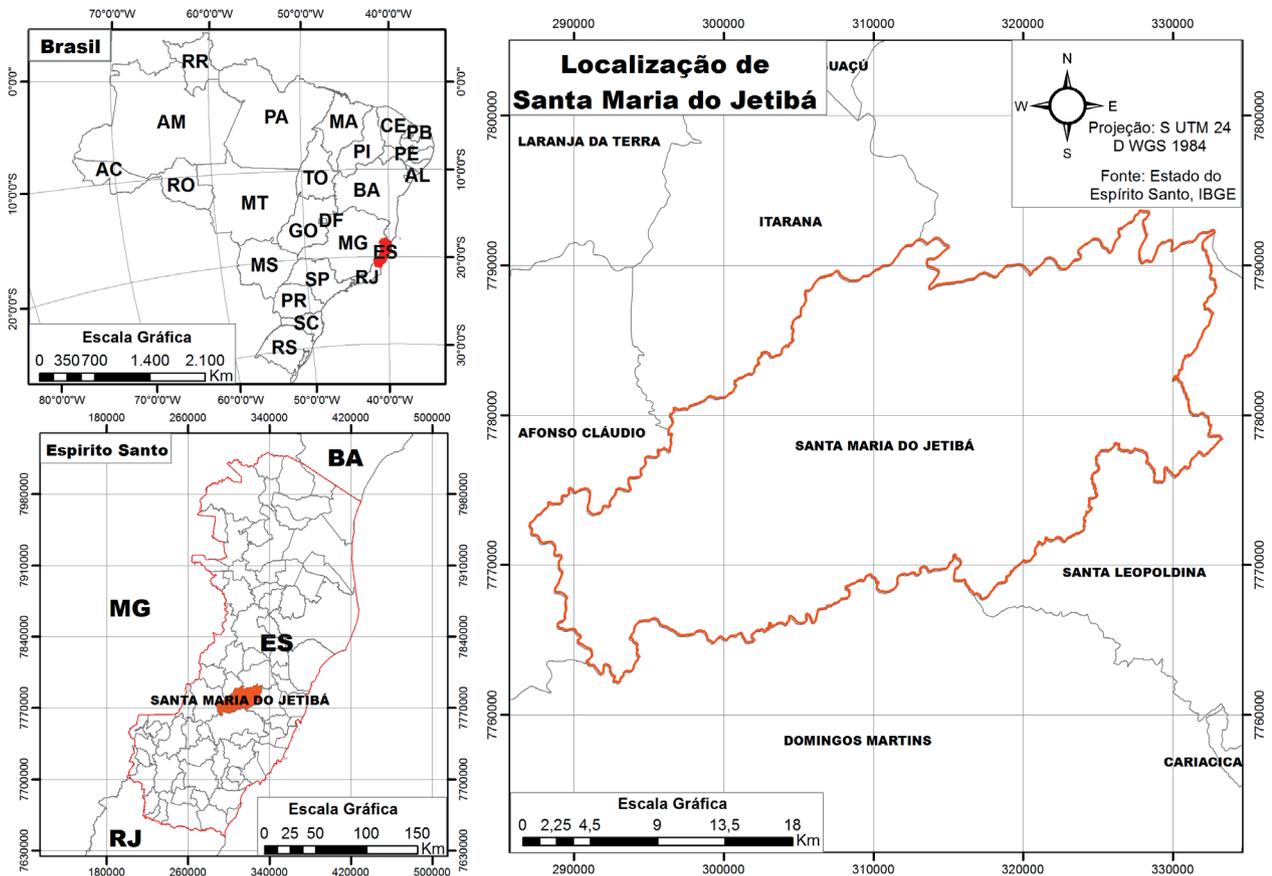


Figura 1 - Localização do município de Santa Maria de Jetibá no contexto do Espírito Santo e do Brasil.

## 2.1 Aspectos gerais do meio físico do município de Santa Maria de Jetibá

O Estado do Espírito Santo situa-se na Província Estrutural Mantiqueira, a sudeste do Cráton São Francisco (Almeida 1976, 1977). A província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozóico com direção preferencial NE-SW. Em decorrência do fato de a partir da divisa do Rio de Janeiro com o Espírito Santo ocorrer uma mudança de direção de NE-SW para N-S, alguns autores têm incluído este trecho na faixa Araçuaí (Alkmim & Mashark 1998), sendo esta uma das feições estruturais mais importantes da Faixa Ribeira. Os granitoides tipo I, granitoides foliados, paragneisses, kinzigitos, xistos e quartzitos são as rochas com maior ocorrência compondo o mapa geológico do município (Figura 2):

A geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os

processos pretéritos e atuais (Caseti, 1991). Para Christofolletti (1980), as formas do relevo constituem o objeto da geomorfologia, afirmando ainda que “Se as formas existem, é porque elas foram esculpidas pela ação de determinado processo ou grupo de processo. Dessa maneira, há um relacionamento muito grande entre as formas e os processos, onde o estudo de ambos pode ser considerado como o objetivo central desse ramo do conhecimento, de forma a embasar as características fundamentais do sistema geomorfológico”.

Em relação a compartimentação geomorfológica do município de Santa Maria de Jetibá, os procedimentos adotados para a identificação dos domínios ao longo do território foram propostos considerando classes de relevo que retratam as especificidades locais na escala 1:50.000.

A análise realizada se enquadra no 4º táxon da metodologia proposta por Ross (1992), onde às formas de relevo são individualizadas em unidades com padrão de formas semelhantes.

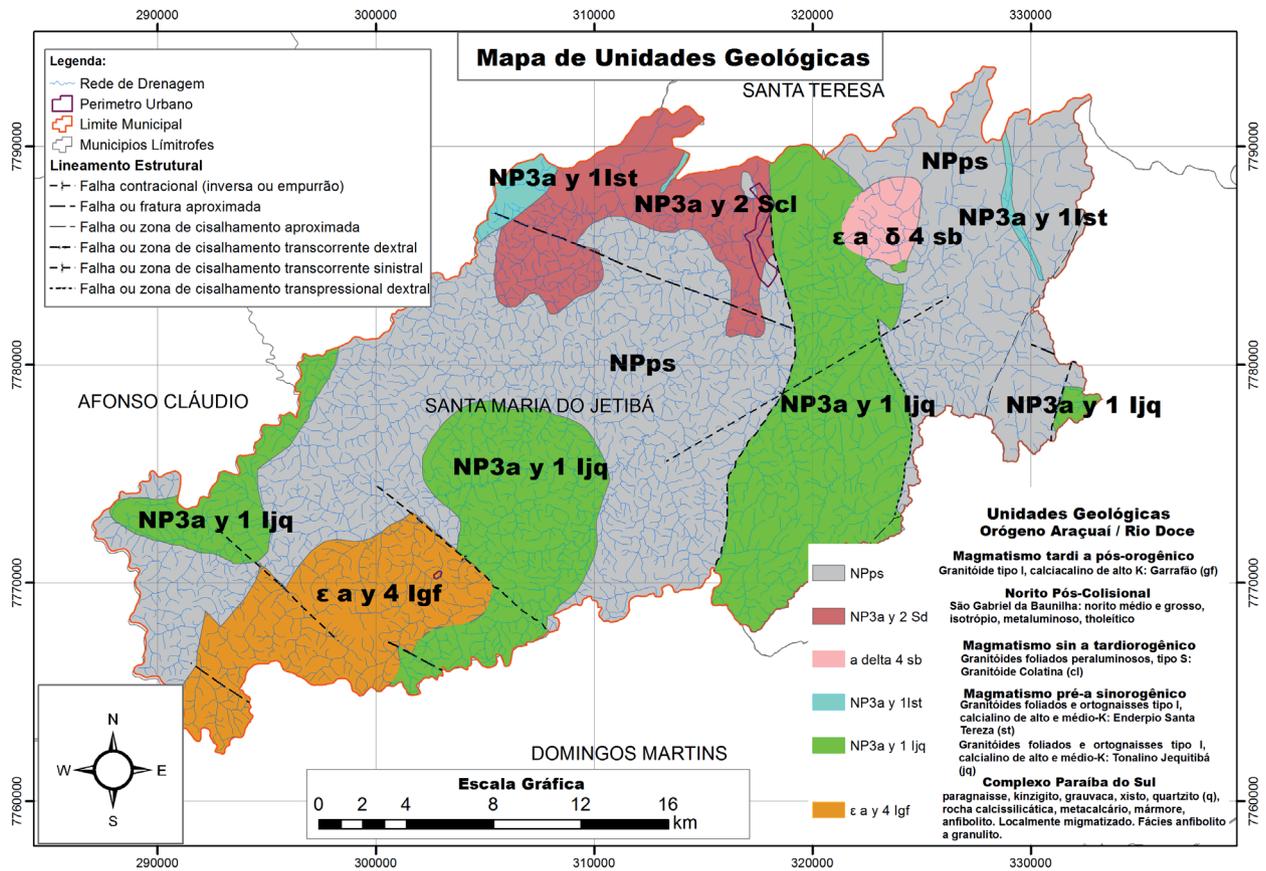


Figura 2 - Mapa de Unidades Geológicas do Município de Santa Maria de Jetibá - ES.

A sequência geral de trabalho para as análises do relevo iniciou-se, resumidamente, com a pesquisa bibliográfica e inventário de dados da área do município; passando para a preparação das bases cartográficas disponíveis; a elaboração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente - MDEHC; a elaboração de perfis topográficos representativos e trabalho de campo para reconhecimento do meio físico, reconhecimento de feições e padrões morfológicos, e limites do município; a compartimentação morfológica e elaboração da carta geomorfológica preliminar baseada em conhecimento especialista (Método Heurístico), e trabalhos de campo para validação dos resultados; a compartimentação topográfica a partir de composição colorida RGB e realce dos padrões de relevo; a proposta de metodologia de compartimentação do relevo adequada ao município (Tabela 1), a partir dos resultados obtidos nas etapas 5 e 6; e a elaboração da carta geomorfológica final do município com edição gráfica.

Tabela 1 - Classes de Sistemas de Relevo Usadas como Referência.

Unidades geomorfológicas	Amplitude (m)	Declividade (%)
Suave a Plano	< 100 m	< 5%
Rampa	<100m	5 a 10%
Colina	<100m	10 a 20%
Morrote	<100m	> 20%
Morros com Vertentes Suaves	100 a 300 m	5 a 20%
Morro	100 a 300 m	> 20%
Suave a Plano de Alta Altitude	100 a 300 m	< 5%
Suave a Plano de Alta Altitude	>300m	<20%
Montanhoso	>300m	>20%

A Figura 3 sintetiza o mapeamento geomorfológico proposto para o município de Santa Maria de Jetibá.

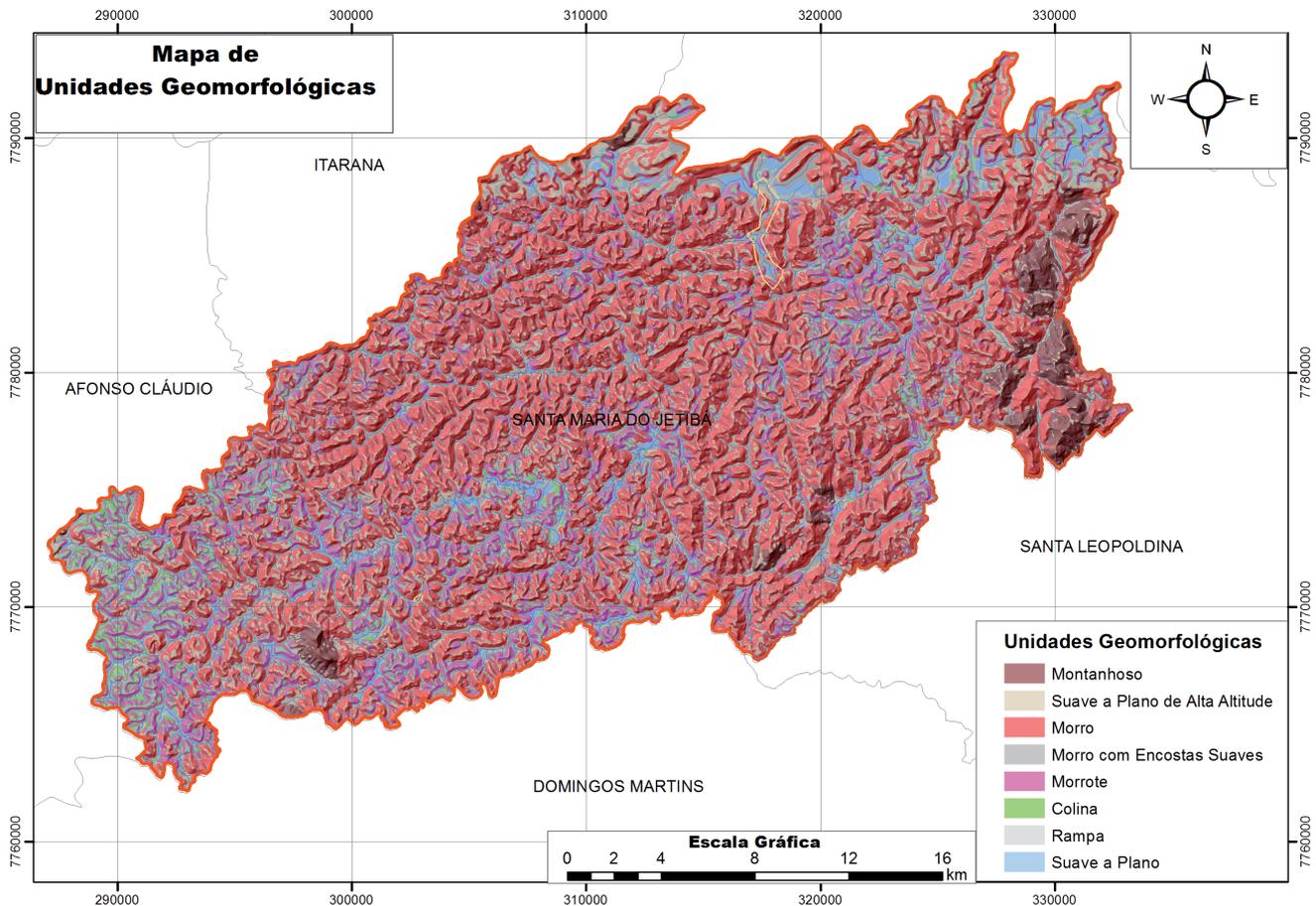


Figura 3 – Mapa de Unidades Geomorfológicas gerado para o município de Santa Maria de Jetibá.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A contínua ocupação desordenada de nosso território, as margens do planejamento urbano e do ordenamento territorial é um dos fatores que contribuem para o aumento da exposição da sociedade aos desastres naturais, bem como a magnitude dos danos relacionados a estes, principalmente os relacionados a inundações e movimentos gravitacionais de massa. Nesse contexto, fica cada vez mais evidente a necessidade da inserção dos mapeamentos hidrológicos e geológico-geotécnicos como instrumentos de ordenamento territorial, conforme definido pela Lei 12.608 (Brasil, 2012).

Os impactos advindos do processo de crescimento desordenado das cidades deterioram a qualidade de vida da população devido ao aumento da frequência e do nível de deflagração de processos geodinâmicos merecendo destaque entre os mais recorrentes, a deflagração de processos de inundação urbana e deslizamentos. Via

de regra, tais problemas e os impactos associados à expansão urbana possuem uma relação direta com a ampliação de áreas impermeabilizadas e construção de sistemas de drenagem, como condutos e canais; à ocupação de planícies de inundação quando a legislação de uso do solo e o planejamento urbano são inadequados e após uma sequência de anos em que rios urbanos apresentam baixas vazões e a população passa a ocupar planícies de inundação devido à topografia plana, proximidade com áreas importantes do centro urbano e baixo custo, mas que quando altas vazões ocorrem, os prejuízos podem atingir somas intangíveis e a municipalidade é chamada a investir na proteção da população contra cheias; à ocupação de terrenos com declividades acentuadas, naturalmente suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa, ressaltando-se aqui que a exclusão social somada a incapacidade do poder público de promover uma expansão urbana adequada, bem como de fiscalizar o processo de ocupação desordenado de seu território, associado a cultura de

ocupação dos terrenos por meio da geração de cortes e aterros, em áreas sem infraestrutura adequada, tem contribuído para o aumento significativo dos registros de ocorrência de movimentos de massa, com geração de danos materiais e vítimas fatais.

Entre os instrumentos técnicos que podem contribuir para uma gestão mais efetiva dos territórios já ocupados, o mapeamento hidrológico-hidráulico é utilizado para definir o grau de / perigo e risco à inundação de uma determinada bacia. Para Oliveira & Guasselli (2011), a suscetibilidade à inundação de uma área está diretamente relacionada à probabilidade dessa área ser atingida por enchentes, cheias, ou alagamentos e o mapeamento dessas áreas é um recurso que auxilia na tomada de decisões para mitigação desses problemas. Quanto ao risco, ele pode ser definido como a combinação da probabilidade de um evento e suas consequências negativas.

Além da suscetibilidade natural, duas condutas do poder público tendem a agravar ainda mais a situação das áreas suscetíveis a processos de inundação. A primeira tem relação com o fato de que os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério, via de regra, aumenta a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante. Soma-se a esta uma segunda conduta comum, onde a falta de estudos técnicos nas escalas adequadas à determinação da aptidão a urbanização e legislação normatizadora da ocupação do solo, ou a falta de meios para aplicar as normas existentes possibilitam a ocupação de áreas ribeirinhas, restringindo a passagem de cheias e ocasionando inundações a montante.

Mesmo sendo os princípios básicos de drenagem urbana largamente estudados e apresentados em manuais, estes não são normalmente empregados em cidades brasileiras, e as principais causas são citadas em Tucci et al. (2002) destacando-se entre elas o rápido e imprevisível desenvolvimento urbano, com tendência à ocupação de jusante para montante, ampliando os riscos de danos; a ausência de programas de prevenção para a ocupação de áreas de perigo e risco e, quando as cheias ocorrem, recursos a fundo perdido são colocados à disposição para a municipalidade sem a exigência de programas de

prevenção; a ausência de conhecimento por parte da população e técnicos locais de como lidar com inundações; e a falta de organização institucional em drenagem urbana em nível local.

A estas questões pode-se acrescentar, entre outros, o subdimensionamento das estruturas de drenagem como pontes e galerias, a falta de manutenção das mesmas, que resulta na redução de suas capacidades de transporte, além da não exigência de estudo dos impactos dos novos empreendimentos na drenagem urbana.

O PMRR aqui descrito, em relação as águas pluviais/fluviiais do município de Santa Maria de Jetibá teve por objetivo fornecer subsídios técnicos para a execução de ações que possam contribuir efetivamente para uma expansão urbana adequada no território municipal, bem como a redução dos impactos das inundações na cidade criando as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram perseguidos:

- (1) a cartografia da suscetibilidade e perigo relacionados a processos de inundação no território municipal em escala adequada (1:10.000 ou maior) para a determinação da aptidão a urbanização.
- (2) apresentar diretrizes para o controle dos principais problemas relacionados a cheias no município, tendo como foco a bacia principal;
- (3) mudar o modo com que os problemas relacionados a cheias são encarados no município, por meio da implementação de práticas estruturais e não estruturais que ajudam a reduzir os prejuízos, diminuem os custos de controle e evitam o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicados em outros municípios do país;

Já em relação a cartografia geotécnica, seja ela de suscetibilidade, aptidão ou risco, estes são produtos cartográficos que retratam a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos (residuais e transportados) considerando suas características mecânicas e hidráulicas no contexto do meio físico (formas de relevo, geodinâmica externa – processos atuantes, uso e ocupação do solo), com o intuito de se definir as limitações, potencialidade e necessidades de intervenções para a consolidação do uso urbano e rural (Sobreira & Souza,

2012). Para a elaboração do PMRR e considerando a proposta do método de detalhamento progressivo a menor escala de mapeamento admissível é de 1:2.000, pois neste caso as avaliações e o mapeamento conseguem identificar pequenas áreas/setores (escala de lote), bem como permitem a proposição de soluções para as situações de risco em um nível conceitual ou, se possível, de suporte a projetos (básico e executivo).

Sobreira & Souza (2012) propõem que o modelo do detalhamento progressivo seja seguido também em práticas de planejamento e ordenamento urbano, com os níveis hierárquicos representados pela suscetibilidade (geral), aptidão à urbanização (semi-detalle ou intermediário) e risco (detalle), sendo que no caso em questão as cartas de perigo/risco geológico e hidrológico foram geradas para dar suporte ao planejamento urbano, às ações de prevenção e emergência.

### 3.1 Etapas do Plano Municipal de Redução de Risco

Para a elaboração do PMRR de Santa Maria de Jetibá - ES a seguinte metodologia de trabalho e respectivas etapas de trabalho foram desenvolvidas:

#### 3.1.1 *Consolidação do plano de trabalho*

A Etapa de consolidação do plano de trabalho iniciou-se com a definição e homogeneização das bases conceituais principais. Em seguida procedeu-se à avaliação preliminar das informações, mapas, imagens de satélite, fotos do município, documentos gerados pela Defesa Civil estadual e municipal, e informações do mapeamento emergencial elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Com os dados disponíveis levantados tornou-se possível a realização de visitas técnicas ao município com o propósito de reconhecimento inicial do meio físico, processos geodinâmicos ocorrentes, histórico de eventos e impacto dos mesmos, bem como informações mínimas para a realização de estudos preliminares. A partir dos dados obtidos em campo durante o reconhecimento inicial ocorreu à adaptação da metodologia do trabalho, a partir da metodologia proposta

pelo Ministério das Cidades, para o mapeamento do risco geológico, e proposta metodológica para o mapeamento do perigo/risco hidrológico, com definição as especificidades sobre a condução do PMRR e acompanhamento deste pelos técnicos municipais.

#### 3.1.2 *Preparação e montagem da base cartográfica*

Durante a elaboração do Plano de Trabalho Consolidado foram iniciados os trabalhos referentes à preparação e montagem da base cartográfica. O material cartográfico disponível obtido para o município de Santa Maria de Jetibá estava em consonância com a escala de trabalho adotada destacando-se entre as informações mais relevantes o levantamento aerofotogramétrico, com ortomosaico na escala 1:15.000, disponível no formato raster extensão.ecw; elementos planialtimétricos do mapeamento sistemático do IBGE tais como setores censitários 2010, disponibilizado em formato vetorial na extensão.shp, estrutura conforme padrão do IBGE e a mancha urbana, entre outros atributos, além de base de dados alfanumérica (geodatabase), abrangendo todos os municípios, disponível em formato vetorial na extensão.shp; OTTOBACIAS, que são bacias hidrográficas de abrangência estadual, ottocodificadas até nível 7, georreferenciada com atributos, em geodatabase, disponível em formato vetorial na extensão.shp; e imagens de Satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), ano 2009 e 2010, com resolução espacial de 10 m, e classificação de diversas categorias do uso e ocupação do solo, cobrindo todo o município.

#### 3.1.3 *Mapeamento hidrológico-hidráulico*

O mapeamento hidrológico-hidráulico teve como foco a bacia hidrográfica do Rio São Luiz que engloba o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem histórico de problemas de inundação mais frequentes. A bacia do Rio São Luiz possui área de drenagem de 23,18 Km<sup>2</sup>, com nascente localizada na comunidade que dá nome ao rio. Observa-se que, nesta bacia, existe

um intenso uso do solo, principalmente para atividades hortifrutigranjeiras, além de outras atividades agropastoris.

O Rio São Luiz, no centro de Santa Maria de Jetibá, apresenta declividade reduzida. Após o Centro de Santa Maria de Jetibá, a declividade aumenta abruptamente em trecho encachoeirado. O presente estudo analisou a situação da macrodrenagem até o trecho final do bairro Centro, sendo que a bacia do Rio São Luiz foi dividida em 15 bacias urbanas e 20 bacias rurais e periurbanas, As vazões provenientes de cada uma das sub bacias do Rio São Luiz foram apropriadas utilizando o modelo HEC-HMS.

A proposta de elaboração do mapeamento hidrológico-hidráulico foi baseada em sete princípios fundamentais. O primeiro deles define as Bacias hidrográficas como unidades de planejamento, o que permite que o excesso de escoamento superficial seja controlado na fonte, evitando a transferência para jusante do aumento do escoamento e da poluição urbana. O segundo princípio destaca que o diagnóstico deve ser executado na escala de detalhe (1:5.000 ou maior) em compatibilidade com a definição efetiva da aptidão a urbanização através de uma abordagem interdisciplinar, bem como a futura solução dos problemas de inundação integradas à paisagem e aos mecanismos de conservação do meio ambiente. No terceiro princípio proposto ressalta-se a importância da identificação da distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, englobando as áreas já ocupadas e com histórico de cheias, bem como as áreas definidas para a expansão urbana do município, de forma a permitir análises correlacionando a tendência de ocupação urbana para um horizonte mínimo de planejamento de 20 anos, compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais. O quarto princípio destaca a importância da incorporação dos estudos na cultura da administração municipal, principalmente nos setores diretamente responsáveis pelo planejamento urbano e serviços de águas pluviais. O quinto princípio está relacionado à necessidade de institucionalização e incorporação dos resultados na legislação municipal, em especial no Plano Diretor do Município. Já o sexto princípio, este tem relação com a necessidade de se controlar

a ocupação de áreas suscetíveis e de perigo/risco de inundação através de regulamentação. Por último sugere-se a promoção de ações visando a convivência segura com as enchentes nas áreas de médio e baixo perigos/risco identificados.

Para o mapeamento hidrológico-hidráulico foram utilizadas informações levantadas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, Agência Nacional de Águas-ANA, Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo-GEOBASES, Companhia Espírito Santense de Saneamento-CESAN, Prefeitura municipal e em visitas a campo. Além dos dados obtidos de fontes secundárias foram necessários para o desenvolvimento deste trabalho estudos topográficos com a geração de seções transversais ao longo dos canais; cadastro das redes pluviais; macrodrenagem natural e construída; fotos aéreas e imagens de satélite antigas e atuais da região; informações climatológicas; levantamento de dados dos setores censitários; pedologia e uso do solo na escala de detalhe; delimitação de bacias, vias de acesso, comunidades, entre outros; informações sobre as inundações municipais (áreas com recorrência de atingimentos, contornos e cotas das linhas de inundação, trechos críticos, singularidades dos sistemas, eventos pluviométricos críticos relacionando os níveis de inundação e a frequência; verificação de projetos existentes, restrições técnicas, restrições legais, político-administrativas, ambientais e hidrológicas à expansão urbana; e entrevista com as pessoas de referência no assunto de planejamento urbano e de águas urbanas na prefeitura, com levantamento de documentos e trabalhos existentes ou em execução, incluindo o Plano Diretor Municipal.

Foram descartados dados fora da área de estudo, e cuja qualidade não foi considerada adequada bem como a escala incompatível com o nível de detalhamento proposto para o trabalho, problemas no georreferenciamento, dados desatualizados, dados hidrológicos com períodos inadequados, entre outros.

Os dados fornecidos no formato shapefile foram recortados, de modo a abranger toda a área de estudo e projetados para Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, zona 24 S, equalizando o sistema de

projeção utilizado. Para o material digital e georreferenciado, a escala dos mapas se ajustaram entre si no sistema de informação geográfica construído.

Posteriormente foram elaborados os mapas de suscetibilidade e de perigo/risco atual e futuro, construídos a partir da determinação dos valores dos CN (coeficiente de escoamento) de acordo com o tipo de solo, uso do solo e manejo agrícola, sendo que CN é um valor tabelado e relacionado ao uso do solo e ao tipo hidrológico do solo; da elaboração dos mapas pedológicos, dos mapas de uso e ocupação do solo atual e futuro; da geração das equações de chuva intensa, onde a estação pluviométrica Santa Maria de Jetibá (código 204000) foi a escolhida para a apropriação da equação intensidade-duração-frequência de chuvas do município por possuir o maior número de anos com dados, por estar funcionando até os dias atuais e por estar dentro da bacia em estudo (os valores diários de chuva foram obtidos no sítio oficial da Agência Nacional de Água - [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)); da determinação do tempo de concentração das sub-bacias; da apropriação dos valores das vazões de projeto; da realização da modelagem hidráulica; e da elaboração e apresentação propriamente dita do mapeamento de suscetibilidade e perigo/risco utilizando as ferramentas do ArcGis 10.1.

Para o desenvolvimento do modelo hidráulico foram utilizadas curvas de nível com equidistância vertical de 2 metros, sendo complementadas por levantamento topográfico realizado especificamente para o presente trabalho, a fim de detalhar dispositivos hidráulicos localizados na área de estudo. A partir dos dados de topografia, foi construído um TIN - Triangulated Irregular Network da área modelada, que foi a base de entrada de dados do modelo HEC-RAS.

Utilizando o modelo HEC-HMS, as vazões dos cursos d'água foram simuladas a partir da precipitação. Estas vazões foram utilizadas como variáveis de entrada do modelo HEC-RAS e as cotas do nível d'água simuladas pelo modelo foram comparadas com as cotas verificadas em campo. A partir desta comparação, o modelo foi calibrado por meio da variação de valores de parâmetros hidráulicos do mesmo, buscando aproximar os resultados das simulações com aqueles medidos em campo.

### 3.1.3 Mapeamento geológico-geotécnico

Para o mapeamento geotécnico foram avaliadas todas as áreas urbanizadas do município, incluindo além do próprio núcleo urbano os distritos. O risco geológico em áreas urbanas não depende apenas das características intrínsecas dos materiais envolvidos nos processos geodinâmicos, da morfologia das encostas ou do regime pluviométrico da estação chuvosa. Está diretamente relacionado à forma de ocupação, tanto em encostas como em baixadas, e à conscientização da população envolvida no que tange a alteração da geometria das encostas sem critérios técnicos ou ocupação de áreas geologicamente instáveis.

Os trabalhos de campo foram constituídos, basicamente, por investigações geológico-geotécnicas de superfície, buscando identificar condicionantes dos processos de instabilização, existência de agentes potencializadores e evidências de instabilidade ou indícios do desenvolvimento de processos destrutivos.

Inicialmente ocorreu a definição dos critérios para elaboração do mapeamento de perigos/riscos de acordo com a publicação “mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” do Ministério das Cidades (Brasil, 2007). Definidos os critérios o passo seguinte foi à identificação e análise do perigo/risco geológico dentro do município de Santa Maria de Jetibá. Os objetivos específicos desta atividade foram: (1) identificar evidências, (2) analisar os condicionantes geológico-geotécnicos e ocupacionais que as determinam e (3) avaliar a probabilidade de ocorrência de processos associados a deslizamentos em encostas e solapamentos de margens de córregos, (4) delimitar os setores das encostas que pudessem ser afetados por cada um dos processos destrutivos potenciais identificados na base cartográfica, (5) estimar o número de moradias de cada setor de risco.

A atribuição do grau de probabilidade de ocorrência de processo de instabilização, teve com base nos critérios descritos em Brasil, (2007) considerando a seguinte classificação: risco muito alto (R4), risco alto (R3), risco médio (R2) e risco baixo a inexistente (R1).

Definida a hierarquização do perigo/risco o passo seguinte foi a elaboração do Plano de Intervenções Estruturais para Redução de Perigos/

Riscos. As proposições de intervenção foram indicadas visando a melhor relação custo x benefício. Estabelecidas as obras necessárias para a eliminação do perigo/risco identificado em cada setor, foram estimados os custos necessários para cada obra/serviço, somando-se aqui os custos com a remoção de famílias. Em relação ao estabelecimento de referências para a composição de custos das obras, a planilha de composições de preços para orçamentos adotada foi a disponível no sistema da Caixa Econômica Federal - SINAPI.

A quantificação do risco teve como unidade de análise a edificação e não a família. O levantamento do número de famílias em risco demandaria o cadastramento social da população para viabilizar a análise do número de domicílios por edificação. O trabalho social dentro do Plano Municipal de Redução de Riscos teve como foco permitir que o conhecimento resultante da investigação sobre a situação de risco no município de Santa Maria de Jetibá seja apropriado pela população local, sejam estes técnicos vinculados à administração municipal, lideranças comunitárias e/ou a própria poluição envolvida.

#### 4 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO

Os principais problemas de macrodrenagem diagnosticados do município de Santa Maria de Jetibá podem ser assim resumidos:

- a) redução da eficiência hidráulica de pontes por estruturas de fundação de pontes antigas que ainda estão no local, que acabam por acumular lixo embaixo das atuais pontes;
- b) assoreamento e crescimento de vegetação rasteira em diversos trechos de canal;
- c) presença de resíduos sólidos e entulhos no interior dos canais que ficam presos a obstáculos como rochas e tubulações e;
- d) tubulações de esgoto que atravessam os canais dentro da área da seção hidráulica do escoamento.

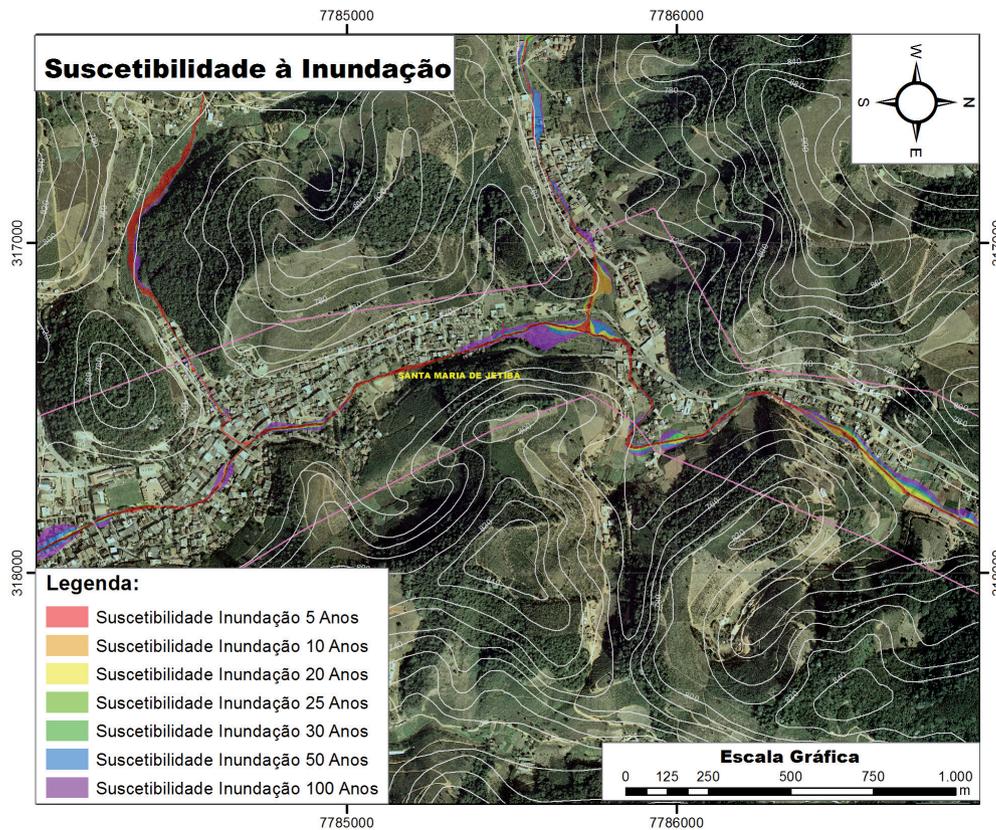
Como o modelo hidrológico gerou uma geometria com um número significativo de elementos hidrológicos, decidiu-se pela execução da modelagem de um elemento hidrológico único da bacia hidrográfica do Rio São Luiz. Neste caso, adotou-se uma bacia com área de 23,18 Km<sup>2</sup>, CN médio

de 46,21 e Lag Time de 88,1 minutos. A simulação da vazão para a chuva com tempo de retorno de 25 anos resultou em 15,2 m<sup>3</sup>/s, enquanto que o modelo com os diversos elementos hidrológicos das sub-bacias do Rio São Luiz resultou em uma vazão igual a 18 m<sup>3</sup>/s. Considerou-se, portanto, que as vazões simuladas pela geometria mais complexa está simulando as vazões com uma faixa de erro aceitável, uma vez que a vazão simulada está aproximadamente 15% maior que a vazão simulada pelo elemento hidrológico que representa toda a bacia hidrográfica do Rio São Luiz.

Foi definido como domínio do modelo o trecho urbano Rio São Luiz, assim como seus principais córregos afluentes, o córrego Vila Jetibá e o córrego São Sebastião do Meio, contemplando os bairros São Luiz, Vila Jetibá, Vila Nova, São Sebastião do Meio e Centro, totalizando uma extensão total de 13,4 Km.

Durante as visitas de campo, foram identificadas cotas da última enchente significativa, cujas alturas máximas puderam ser identificadas pelas marcas d'água ainda presentes em muros, residências e outros elementos construídos, as quais foram registradas durante as visitas em campo. Os níveis d'água verificados em campo são relativos à cheia que ocorreu em dezembro de 2010, quando ocorreu um evento de chuva de 188 mm, cuja recorrência foi estimada em 60 anos.

A Figura 4 retrata o Mapa de Suscetibilidade à Inundação para o município de Santa Maria de Jetibá - ES, como resultado da modelagem hidráulica. O mapa apresenta as áreas previstas de serem inundadas por cheias com períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50 e 100 anos. Observa-se uma quantidade razoável de domicílios que se encontram nas áreas classificadas como suscetíveis, principalmente aqueles mais próximos ao Rio São Luiz. No córrego Vila Jetibá, onde houve a ocupação mais intensa das margens deste, foi possível identificar áreas de suscetibilidade muito alta, com casas edificadas muito abaixo do nível da rua. Verificou-se que no total 65 domicílios encontram-se nas áreas com recorrência de inundação de 5 anos. Quando se trata da inundação com recorrência de 25 anos, o número de domicílios atingidos cresce para 100, com um aumento significativo de pessoas expostas.



**Figura 4** – Carta de suscetibilidade a inundação de parte do Município de Santa Maria de Jetibá – ES.

As medidas estruturais, que são as obras destinadas à redução do risco de inundações, foram apresentadas na forma de estudos preliminares para todas as intervenções e de projetos para as intervenções específicas selecionadas pelo Governo Estadual. O nível de detalhamento das intervenções estruturais foi compatível com o nível de planejamento. Um dos cenários de intervenção propostos se referiu à implantação de um canal de gabião no Rio São Luiz no trecho em que este corta o bairro Centro, além da construção de uma galeria no córrego Vila Jetibá.

Complementarmente as análises foram propostas medidas não estruturais constituídas pelas posturas que deverão ser incorporadas na legislação de uso e ocupação do solo, e medidas de gestão que deverão ser implantadas na administração municipal. Estas foram apresentadas para a área urbana do município e englobaram propostas para o controle do uso e ocupação do solo a serem incorporadas pelo município por projeto de lei ou pela revisão e atualização do Plano Diretor Municipal; a aplicação do princípio jurídico pelo qual o proprietário, ao vender sua propriedade, deve

oferecê-la, em primeiro lugar, ao poder público; a reformulação do sistema de gestão considerando-se as características do sistema de drenagem proposto; a legislação voltada ao gerenciamento de áreas de perigo/risco, APP, águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal; a criação de parques lineares ao longo das várzeas de inundação natural ainda não ocupadas; e a criação de parques nas cabeceiras dos rios principais para proteção dos rios contra assoreamento e proteção da qualidade da água, entre outras.

## 5 RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PERIGO/RISCO GEOLÓGICO

O mapeamento do perigo/risco foi feito a partir de uma abordagem integrada dos aspectos do meio físico inventariados e, principalmente trabalhos de campo na escala 1:2.000 (cadastro). Uma vez montada a plataforma SIG tornou-se possível a delimitação dos setores identificados em campo sobre as informações cartográficas inventariadas, bases topográficas e imagens. Como documento

final do mapeamento tem-se um relatório com a identificação, representação e descrição de setores na paisagem (áreas urbanas) com condicionantes naturais que indicam a possibilidade de ocorrência de um processo, assim como as áreas sob

influência (atingimento) destes. Parte dos resultados obtidos nos trabalhos de mapeamento pode ser visualizado na Figura 5, por setor identificado (Figura 5).

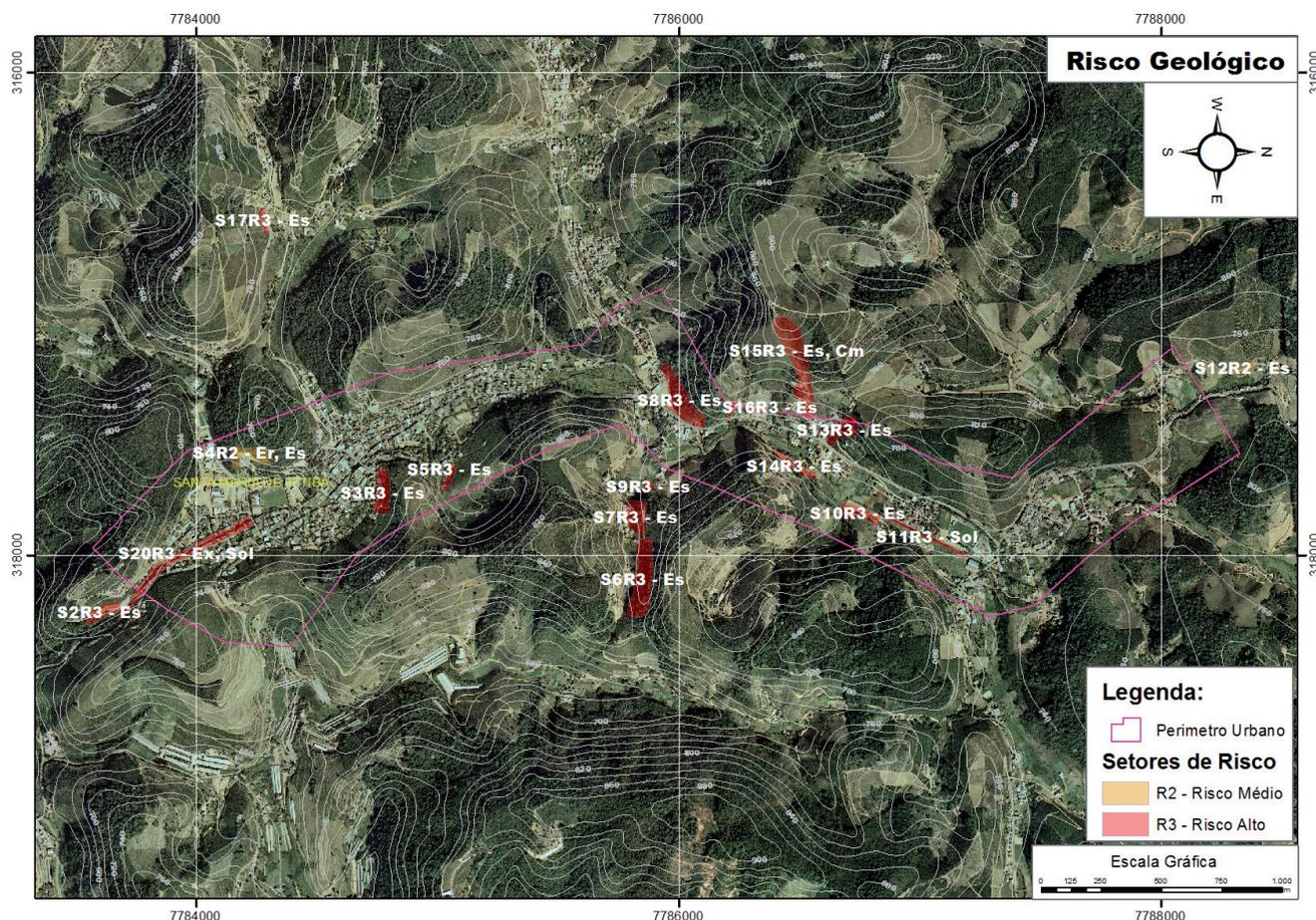


Figura 5 - Setores de risco geológico identificados em parte da sede do município de Santa Maria de Jetibá - ES.

O diagnóstico de risco geológico do município de Santa Maria de Jetibá foi realizado indistintamente na sede e nos distritos, em áreas correspondentes a assentamentos precários, loteamentos e bairros regulares, onde julgou-se haver situações de risco geológico. Foram delimitados e caracterizados 20 setores de perigo/risco, sendo 18 setores classificados como de perigo/risco geológico alto e 2 setores classificados como de perigo/risco médio, distribuídos ao longo das áreas mapeadas. Foram identificados 138 domicílios entre os níveis de perigo/risco geológico apontados no diagnóstico, quais sejam alto ou médio. Entretanto, em situação de perigo/risco alto existem 136 domicílios, o que corresponde às situações prioritárias para intervenção.

A realização das atividades de identificação e mapeamento dos setores de perigo/risco geológico contribuiu para a qualificação do conhecimento sobre os riscos associados a deslizamentos e processos correlatos na sede do município e distritos, por meio da setorização, da estimativa de moradias afetadas, e do estabelecimento de graus e tipologias de suscetibilidades e perigo/risco. Possibilitou ainda, a elaboração do mapa dos setores de perigo/risco geológico do território municipal relacionado aos processos de deslizamento, solapamento e, secundariamente erosão, com a geração de fichas de campo para cada setor identificado, contendo não só as características do setor, mas também as proposições de intervenção estruturais e não estruturais para a eliminação/

redução do perigo/risco, e/ou convivência segura com o quadro diagnosticado.

As situações de perigo/risco alto ocorrem em todo o município, destacando-se os bairros Centro, Rio Posmosser, Vila dos Italianos, Vila Nova, Alto São Sebastião, e Beira Rio e São Luis.

A atividade de elaboração do plano de intervenções estruturais para redução de risco apresentou como produto, além das descrições das intervenções nas fichas de campo, a compilação de custos e priorização das obras formatadas por setor, além da síntese dos resultados para o município. O custo total estimado foi calculado tomando-se como base as planilhas de referência SINAPI.

As ações não estruturais propostas buscaram a formulação de uma política municipal de gerenciamento de riscos e a identificação de fontes de recursos e programas para implementação do PMRR do município de Santa Maria de Jetibá-ES. Entre as diversas análises e proposições ressaltou-se a caracterização do contexto institucional municipal relacionado à gestão do risco, a avaliação da estrutura institucional do município na área urbana e habitacional, a avaliação das ações governamentais do município na área urbana e habitacional, a avaliação das posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais, a avaliação da legislação e programas nas esferas Municipal, Estadual e Federal, e o levantamento de possíveis fontes de recursos nas esferas Municipal, Estadual e Federal e, principalmente, ações que devem ser aplicadas visando à reestruturação e o fortalecimento do sistema municipal de defesa civil de Santa Maria de Jetibá.

## 6 CONCLUSÕES

A crescente ocupação desordenada, principalmente dos centros urbanos tem levado a ocupação de áreas suscetíveis a processos geodinâmicos elevando a probabilidade da ocorrência de desastres sócio naturais como inundações e deslizamentos. Por isso, o planejamento urbano torna-se essencial tanto para impedir uma expansão urbana em áreas inadequadas, quanto na mitigação e resposta rápida aos desastres.

Para a elaboração de um planejamento adequado é necessário um bom levantamento de

informações e um mapeamento compatível com essa necessidade. Entretanto, são encontrados obstáculos a essa proposta devido à dificuldade de um levantamento na escala de detalhe, que remonta a necessidade de visitas a campo, conhecimento especialista e utilização de informações cartográficas de fontes e escalas de detalhamento variadas. Mesmo assim, ressalta-se a necessidade de que estudos voltados a identificação dos perigos/riscos geológicos e hidrológicos sejam realizados em escalas de detalhe (1:5.000 ou maiores), o que implica na maioria das vezes na geração de dados primários, considerando o objetivo de que os resultados alcançados deem subsídio para a elaboração de propostas, seja para o planejamento urbano e ordenamento territorial dos municípios, seja para a minimização, redução, eliminação e efetiva gestão do risco.

O PMRR de Santa Maria de Jetibá foi estruturado considerando ações para que se torne público e apropriado pela população envolvida, com o desenvolvendo de um trabalho educativo, informativo e de mobilização junto à população moradora nas áreas de perigo/risco, através das lideranças comunitárias e de entidades da sociedade civil.

Em relação à Gestão do Risco no município cabe destacar que além dos produtos cartográficos gerados, foi entregue ao município um programa de gestão de risco com a proposição de ações de monitoramento, fiscalização e controle de riscos envolvendo vistorias periódicas e sistemáticas em todas as áreas diagnosticadas; proposição de estruturação de equipe técnica, com formação e atribuição diversificada; proposição de formas de registro contínuo de todas as informações coletadas no campo e/ou junto à população e, conseqüentemente, atualização permanente dos mapas de riscos; foi entregue a prefeitura uma proposta de gestão de proximidade, onde o monitoramento de cada área deve feita sempre que possível pelos mesmos agentes públicos, para que estes adquiram maior conhecimento sobre a área e gozem da confiança dos moradores; outra necessidade levantada foi a existência de um plantão de atendimento público e outros canais permanentes de comunicação com os moradores das áreas de risco para apresentação de demandas, solicitação de vistorias e informação sobre “problemas que

podem causar risco”, somando-se a esse a necessidade de fortalecimento dos núcleos de proteção e defesa civil, e/ou dos grupos de referência constituídos por moradores das áreas de perigo/risco, voluntários e lideranças populares, que devem ser informados e capacitados, de forma a envolver a população nas ações de prevenção, monitoramento e fiscalização das áreas de perigo/risco, por meio de uma gestão compartilhada.

As cheias do Rio São Luiz são frequentes e os problemas oriundos das mesmas vêm se agravando devido ao avanço da população para as proximidades de suas margens, e para a ocupação das áreas mais a montante da bacia hidrográfica.

Observou-se, a partir da modelagem hidráulica, que 65 domicílios estão na área classificada como de perigo/risco muito alto (inundação com 5 anos de recorrência), e que 100 domicílios são inundados com vazões de 25 anos de recorrência (vazão de projeto).

As “obras de arte especiais” da Rua Augusto Martin Germano Vesper, da Rua Francisco Shartz com a Rua Ronald Berger e da Rua do Imigrante não apresentam eficiência hidráulica para a vazão de projeto de 100 anos de recorrência no cenário atual. Para uma chuva intensa com período de retorno de 25 anos, prevê-se que a vazão no trecho final do Rio São Luiz passe de 18 m<sup>3</sup>/s para 24 m<sup>3</sup>/s (aumento de 34,83%) em 20 anos, caso se confirme a tendência de expansão urbana prevista.

O Plano de Intervenções Estruturais para o Município de Santa Maria de Jetibá, que corresponde a uma das etapas do Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR, demonstrou a viabilidade de melhorar as condições de convivência com o risco na cidade a curto e médio prazo e apontou as necessidades de intervenções imediatas para eliminação das situações classificadas como de perigo/risco alto e muito alto.

A finalização do trabalho ocorreu com a proposição de planos de ação para redução do perigo/risco visando à implementação de ações, programas, diretrizes e medidas para a redução, mitigação e prevenção de perigos/riscos relacionados às inundações, solapamento de margens, movimento de massas e deslizamentos, conforme diagnóstico executado no município de Santa Maria de Jetibá, que foram divididos em Planos de Controle Ambiental, Planos de Ordenamento

Territorial, Planos de Estruturação Institucional e Planos de Drenagem Urbana.

## REFERÊNCIAS

Alkmin F.F & Marschak S. 1998. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Prec. Res.*, 90: 29-58.

Almeida F.F.M. 1976. Estruturas do Pré-Cambriano inferior brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto. Resumos dos trabalhos...Belo Horizonte: SBG-Núcleo Minas Gerais, p. 201-202.

Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo: SBG, v. 7, n. 4, p. 349-364.

Brasil, Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. 2007. Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios / Celso Santos Carvalho. Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, Organizadores - Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. 176 P..

Brasil. LEI n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos.

Cassetti V. 1991. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto.

Christofolletti A. 1980. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2<sup>a</sup> ed. 188p.

George M. & Schensul D. (Eds) 2013. The demography of adaptation to climate change. New York, London, and Mexico City: UNFPA, IIED and El Colegio de Mexico.

Oliveira G. G. & Guasselli L. A. 2011. Relação entre a Suscetibilidade a Inundações e a Falta de Capacidade nos Conduitos da Sub-bacia do Arroio da Areia, em Porto Alegre/RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, n.1, v. 16, p. 05-15.

Ross J. S. 1992. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Rev. Geografia. São Paulo, IG-USP.

Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano do Estado do Espírito Santo. 2013. Plano Municipal de Redução de Risco do município de Santa Maria de Jetibá. Espírito Santo.

Sobreira F. G. & Souza L. A. 2012. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, n. 2, v. 2, p. 79-97.

Tucci C. E. M. 1998. Modelos Hidrológicos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 669p.

Tucci C. E. M. 2002. Regionalização de vazões. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH.

Tucci C. E. M. 2003. Workshop for decision makers on flood in South America (Nov 2002: Porto Alegre, RS. Porto Alegre.

UFSC. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010. 2012. Volume Espírito Santo. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED/ UFSC.