

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 2

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2**

Atena Editora

2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável
2 / Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

252 p. : 38.026 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-38-7

DOI 10.22533/at.ed.3870809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

No segundo volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”**, apresentamos estudos ligados à preocupação da relação entre o homem e o meio ambiente, da ocupação e alteração do espaço geográfico e suas consequências. De que maneira utilizar os recursos naturais presentes, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

A população mundial hoje está próxima a 7,5 bilhões de habitantes, no Brasil próximo a 210 milhões de habitantes e constantemente usufruindo dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, sua existência. Mas sabemos que os recursos são finitos, precisamos encontrar alternativas, trabalhar os recursos hoje presentes de uma forma sustentável, garantindo a nossa existência, bem como das próximas gerações.

Esta coletânea de artigos trabalha em diferentes temas o uso desses recursos naturais e a preocupação ambiental. Estudos como avaliação de uso de solo laterítico como sub-base em pavimentos urbanos, características geotécnicas de uma argila e um resíduo da construção e demolição visando sua utilização conjunta como barreira capilar, o crescimento do mercado da construção civil e a preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia e a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, são também discutidos.

Questões sobre planejamento, avaliação a partir da Engenharia de Resiliência, processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, mapeamento de áreas de riscos geológico na prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos, delimitação de áreas frágeis à ocupação, gestão de riscos urbanos, mapeamento e concepção de soluções para áreas de risco geológico, regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, mapeamento do risco geológico e hidrológico, mapeamento geomorfológico de áreas densamente urbanizadas e mapeamento georreferenciado de deslocamentos horizontais e verticais de muros de contenção em gabião, são outros temas debatidos nesta coletânea.

E para fechar os diferentes temas trabalhados, temos estudos ligados à caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimos selecionadas para projetos das barragens e as investigações geológicas geotécnicas para a implantação da barragem de São Bento do UNA, no Estado de Pernambuco.

Diversos temas e informações integradas sobre a geologia ambiental e o desenvolvimento sustentável. Temas esses presentes em nosso cotidiano, e que nos auxiliam a encontrar maneiras para um desenvolvimento sustentável e a mitigação dos inúmeros impactos ambientais gerados por nós, nessa relação homem e meio ambiente.

Desejo uma excelente leitura e que os artigos aqui apresentados contribuam para o enriquecimento do conhecimento do leitor.

Eduardo de Lara Cardozo.

SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<u>CAPÍTULO I</u>	
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL	
<i>Raul Tadeu Lobato Ferreira, Augusto Romanini, Celso Todescatto Junior, Flavio Alessandro Crispim, Julio César Beltrame Benatti e Rogério Dias Dalla Riva.....</i>	<i>07</i>
<u>CAPÍTULO II</u>	
CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR	
<i>Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos.....</i>	<i>19</i>
<u>CAPÍTULO III</u>	
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS	
<i>Melissa Zanferrari Godoy, Fabio Luiz Chemin, Patrícia Kruger e Luiz Carlos Godoy.....</i>	<i>34</i>
<u>CAPÍTULO IV</u>	
AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA	
<i>Luiza Silva Betim, Eduardo Antonio Gomes Marques, Klingner Senra Rezende, Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes, Vitor Luiz Reis de Almeida e Luana Caetano Rocha de Andrade.....</i>	<i>56</i>
<u>CAPÍTULO V</u>	
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS	
<i>Andréa Jaeger Foresti, Luiz Antônio Bressani, Cornelia Eckert e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....</i>	<i>67</i>
<u>CAPÍTULO VI</u>	
EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP	
<i>Gerson Salviano de Almeida Filho, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Tatiane Brasil de Freitas e Zeno Hellmeister Júnior.....</i>	<i>87</i>
<u>CAPÍTULO VII</u>	
ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO	
<i>Natália de Souza Arruda, Thiago de Oliveira Faria e Fernando Ximenes de Tavares Salomão.....</i>	<i>103</i>

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP
Camila Bertaglia Carou, Fernando Nadal Junqueira Villela, Eduardo Soares de Macedo e Marcos Roberto Martines.....114

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC
Luiz Antonio Bongiovanni e Sandra Teixeira Malvese.....125

CAPÍTULO X

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP
Priscila Taminato Hirata, Fabrício Araujo Mirandola, Eduardo Soares de Macedo, Marcela Penha Pereira Guimarães, Claudio Luis Ridente Gomes e Alessandra Cristina Corsi.....136

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP
Priscila Ikematsu, Eduardo Soares de Macedo, Alessandra Cristina Corsi, André Luiz Ferreira, Fabrício Araújo Mirandola e Priscilla Moreira Argentin.....151

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES-BRASIL
Leonardo Andrade de Souza, Marco Aurélio Costa Caiado, Gilvimar Vieira Perdigão, Sílvia C. Alves, Larissa Tostes Leite Belo e Raphael Henrique O. Pimenta.....168

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS
Alberto Franco Lacerda.....184

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO
Nilton de Souza Campelo, Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho, Otávio César de Paiva Valadares, Michael Douglas da Costa Paes e Aroldo Figueiredo Aragão.....196

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA
Nilo Rodrigues Júnior, Vitor Santini Müller, Matheus Klein Flach, Murilo da Silva Espíndola, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Gabriela Bessa e Juan Antonio Altamirano

Flores.....209

Capítulo XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmento Leite, Diana Damásio e Castro Lopes, Rafaella Teixeira Miranda e Maiara de Araújo Porto.....223

Sobre o organizador.....241

Sobre os autores.....242

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES- BRASIL

**Leonardo Andrade de Souza
Marco Aurélio Costa Caiado
Gilvimar Vieira Perdigão
Sílvia C. Alves
Larissa Tostes Leite Belo
Raphael Henrique O. Pimenta**

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES- BRASIL

Leonardo Andrade de Souza

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

Marco Aurélio Costa Caiado

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Vitória - ES

Gilvimar Vieira Perdigão

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte – MG

Silvia C. Alves

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte – MG

Larissa Tostes Leite Belo

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

Raphael Henrique O. Pimenta

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

RESUMO: O mapeamento do risco geológico e hidrológico de Castelo - ES é parte integrante do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) e do Planos Diretor de Águas Pluviais e Fluviais (PDAPF), ambos executados neste município e outros 16 municípios prioritários do Estado do Espírito Santo, 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 mapeamento foram abordados neste trabalho os estudos relacionados ao mapeamento propriamente dito do risco geológico e hidrológico do município de Castelo, com os resultados das etapas de mapeamento do risco, embora também tenham sido realizadas propostas de intervenções estruturais e não estruturais para a eliminação e/ou redução das áreas de risco alto e muito alto identificadas na escala de detalhe. O município tem sua sede a 141.0 quilômetros da capital do estado, possui uma população de 34.747 habitantes e uma área de 664.226 km². O PMRR e o PDAPF são ferramentas importantes para orientar a implementação de uma política pública de gestão para a redução de riscos e desastres, seja no âmbito do município de Castelo – ES, seja nos âmbitos Estadual e Federal.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Risco, Política Pública, Castelo - ES.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Com o objetivo 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 os impactos relacionados aos desastres naturais, o Governo do Estado do Espírito Santo contratou a elaboração de estudos envolvendo Planos Municipais de Redução de Risco Geológico (PMRR), Planos Diretores de Águas Pluviais e Pluviais (PDAPF), Programas de Gestão de Risco e Projetos Executivos de Engenharia para os 17 municípios mais afetados nos últimos 20 anos pelas chuvas, segundo o registro de dados da Defesa Civil Estadual.

Este trabalho detalha, especificamente, as atividades desenvolvidas no município de Castelo - ES em relação ao mapeamento do risco geológico e hidrológico, sendo, portanto, mais uma ferramenta para orientar a implementação de uma política pública para a redução de riscos e desastres no Espírito Santo, como pautado pela Lei 12.608/2012 e pelo Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, de forma a apontar os caminhos para o desenvolvimento de uma cultura de redução dos riscos no Estado e a construção de uma sociedade mais resiliente, em convivência mais harmoniosa com o ambiente.

2. LOCALIZAÇÃO

O município de Castelo possui uma população de 34.747 habitantes e uma área de 664.226 km². Sua sede está a 141.0 quilômetros da capital do estado. O município limita-se ao Norte com os municípios de Muniz Freire, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante e Domingos Martins, a leste com o município de Vargem Alta, a oeste com o município de Alegre e ao Sul com o município de Cachoeiro de Itapemirim, conforme ilustrado na Figura 13.

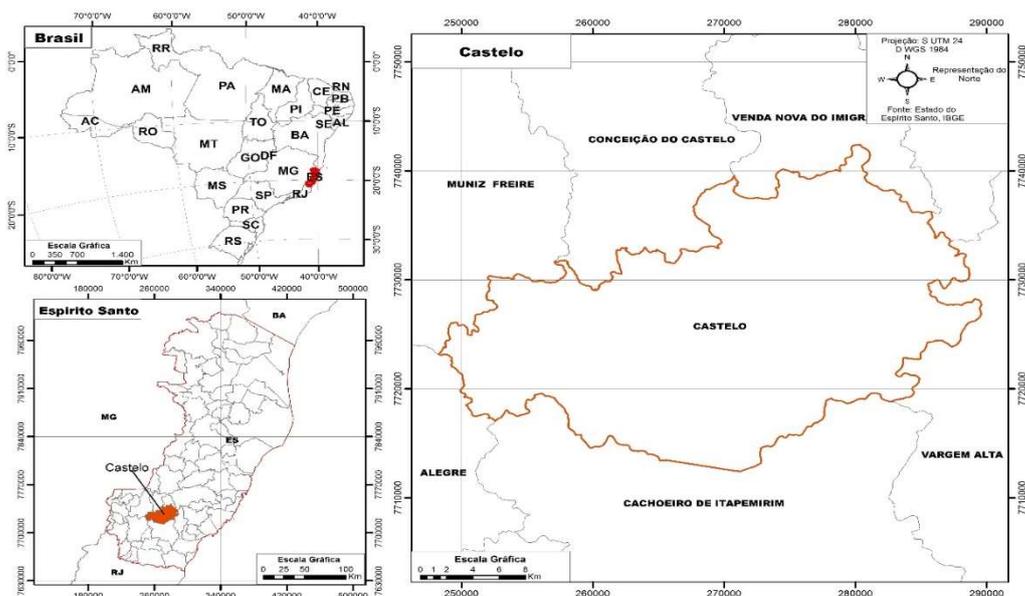


Figura 13 – Localização do município de Castelo no contexto do Espírito Santo.

3. ASPECTOS GERAIS DO MUNICÍPIO DE CASTELO

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. As seguintes unidades geológicas compõem o mapa geológico do município, conforme ilustrado na Figura 2:

- γ a 4lct: Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K (Castelo).
- NP3a γ1lag: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Tonalito Alto Guandu).
- NP3 a γ 1llm: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Granodiorito Limoeiro).
- 2a y 5lsa: Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K (Santa Angélica).
- NP3a γ 1lmf: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Granodiorito Muniz Freire).
- NP3a γ 2S ag: Granitóides foliados peraluminosos, tipo S (Angelim).
- NPps - paragnaisse, kinzigito, grauvasca, xisto, quartzito (q), rocha calcissilicática, metacalcário, mármore, anfíbolito. Localmente migmatizado. Fácies anfíbolito a granulito.

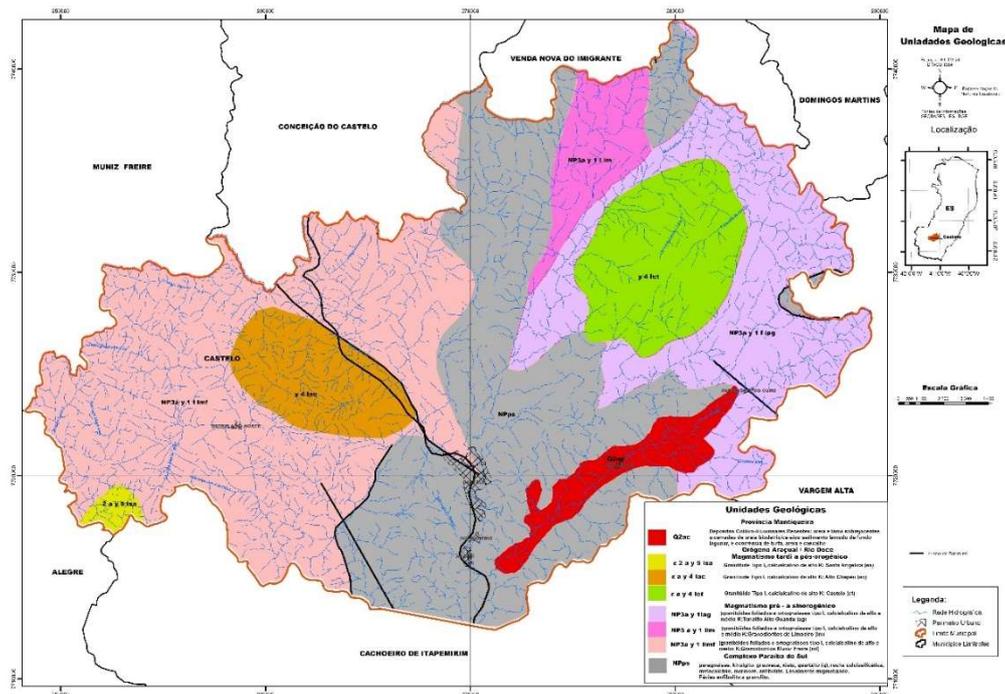


Figura 2 – Mapa geológico do município de Castelo.

Os procedimentos adotados para a identificação dos domínios geomorfológicos do território referente ao município de Castelo foram propostos neste trabalho considerando as classes de relevo a seguir (Tabela 1). Em seguida, é apresentado na Figura 3 o mapeamento geomorfológico do município de Alegre conforme metodologia proposta por Souza, 2015.

Tabela 8- 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%

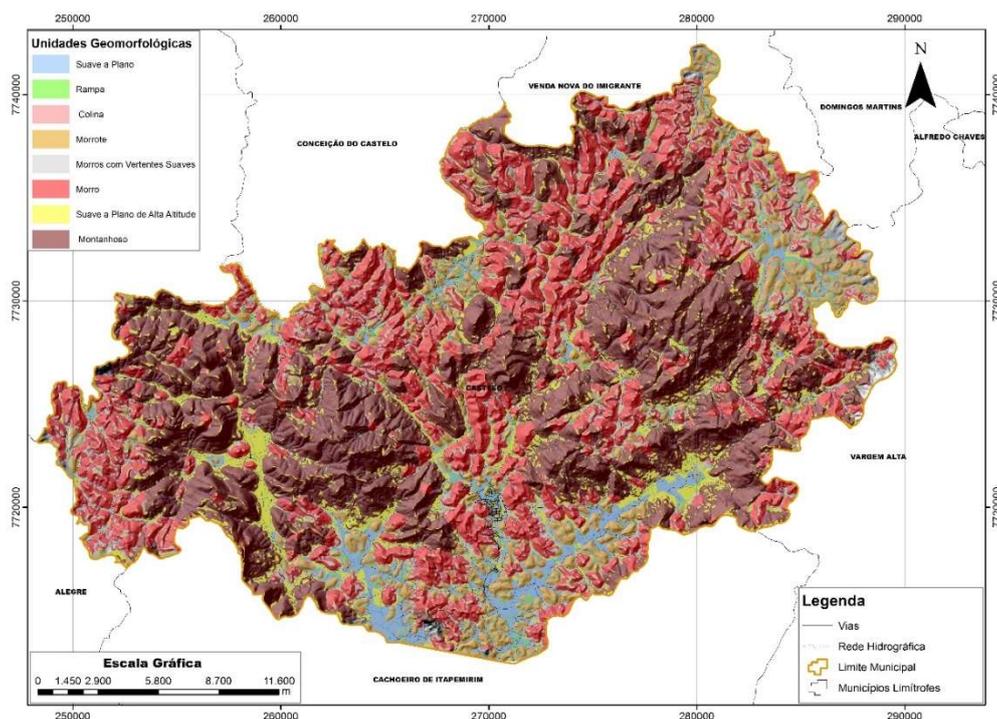


Figura 3 – Mapa geomorfológico do município de Castelo.

5. METODOLOGIA E ETAPAS DO MAPEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO

Buscando o desenvolvimento de um trabalho onde é de suma importância que as informações sejam apropriadas pelos técnicos municipais e pela sociedade civil, identificou-se inicialmente a ausência de uma lei específica que instituísse a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal. Entretanto, foi constatado que atualmente constituem a estrutura organizacional basicamente treze Secretarias, sendo que algumas delas foram incorporadas no desenvolvimento das atividades deste trabalho por atuarem mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional, sendo elas: Secretaria Municipal de Obras, a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, a Secretaria Municipal de Assistência Social e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Para a elaboração deste estudo foi adotada a seguinte metodologia de trabalho e as respectivas etapas foram desenvolvidas:

Etapa 1: Consolidação do Plano de Trabalho

1 - Definição e homogeneização das bases conceituais principais. Alguns aspectos conceituais foram abordados durante o desenvolvimento dos trabalhos e para torná-los de fácil compreensão e objetivando definir bases conceituais que subsidiassem a confecção do mapeamento do risco geológico nos municípios

elaborou-se uma relação de terminologias, e suas respectivas definições, acerca da temática risco natural, sintetizadas de diversos autores (Cerri & Amaral,1998; Nogueira, 2002; FIDEM, 2003; Leite, 2005; UNISDR, 2009).

2 - Avaliação preliminar das informações, mapas, imagens de satélite, fotos do município, documentos gerados pela Defesa Civil Estadual e informações do mapeamento emergencial elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

3 - Realização de visita técnica 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.

4 - Adaptação da metodologia do trabalho a partir da metodologia proposta pelo Ministério das Cidades e definição dos detalhes sobre a condução do mapeamento e acompanhamento do mesmo pelos técnicos municipais.

Etapa 2 - Preparação e Montagem das Bases Cartográficas

Durante a elaboração do Plano de Trabalho Consolidado foram iniciados os trabalhos referentes à preparação e montagem da base cartográfica. Os materiais cartográficos obtidos para o município de Castelo foi:

a. Levantamento Aerofotogramétrico, com ortomosaico na escala 1:15.000, disponível no formato raster extensão.ecw;

b. Elementos planialtimétricos do mapeamento sistemático do IBGE:

- Setores censitários 2010, disponibilizado em formato vetorial na extensão.shp, estrutura conforme padrão do IBGE;

- Mancha urbana, entre outros atributos, além de base de dados alfanumérica (geodatabase), abrangendo todos os municípios, disponível em formato vetorial na extensão.shp.

c. OTTOBACIAS, que são bacias hidrográficas de abrangência estadual, ottocodificadas até nível 7, georreferenciada com atributos, em geodatabase, disponível em formato vetorial na extensão shp;

d. 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;

e. Informações levantadas junto a Companhia Espírito Santense de Saneamento-CESAN;

f. Estudos topográficos com a geração de seções transversais ao longo dos canais, cadastro das redes pluviais, da macrodrenagem natural e construída;

g. Geração do mapa pedológico e uso do solo na escala de detalhe;

h. Plano Diretor Municipal.

Como o material fornecido foi desenvolvido em diversas escalas e sistemas de projeção, estes foram projetados para Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum (SIRGAS 2000, zona 24 S), de modo a equalizar o sistema de projeção a ser utilizado. Como se trata de material digital e georreferenciado, a

escala dos mapas se ajusta entre si no sistema de informação geográfica. Foram geradas pranchas no formato A3 articuladas para o recobrimento de todo o território municipal, sendo os setores de risco delimitados diretamente sobre estas durante as atividades de campo.

Etapa 3: Elaboração do Mapeamento do Risco Geológico e Hidrológico

A seguinte sequência de trabalho foi executada no desenvolvimento desta etapa:

1 - Definição dos critérios para elaboração do mapeamento de riscos de acordo com a publicação “mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (BRASIL, 2007).

2 - Identificação e análise do risco geológico dentro do município de Castelo. 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 de encostas e solapamentos de margens de córregos que poderiam afetar a segurança de moradias em assentamentos precários indicados pela Prefeitura do Município, (4) delimitar os setores da encosta 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. Nesta fase foram levantadas preliminarmente, as áreas com risco de inundação, quantificando as moradias expostas.

Os trabalhos de campo constituíram-se basicamente em 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.

3 – O mapeamento das áreas de inundação foi baseado nos seguintes princípios:

- 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;

- Diagnóstico 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;

- Identificar a 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 dos municípios, 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; e

- Incorporação dos estudos na cultura da administração municipal, principalmente nos setores diretamente responsáveis pelo planejamento urbano e serviços de águas pluviais.

6. RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

O diagnóstico de risco geológico do município de Castelo foi realizado 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 12 setores de risco sendo os 12 setores classificados como de risco geológico alto, distribuídos ao longo das áreas mapeadas (Figura 4).

Foram identificados 140 domicílios em situações de risco geológico alto apontados no diagnóstico, o que corresponde às situações prioritárias para intervenção, conforme sintetizado na tabela 2.

Tabela 9- Síntese dos setores de risco identificados no PMRR.

Setor nº	Grau	Nº de moradias ameaçadas	Processo Geodinâmico
Setor 01	Alto (R3)	5	Deslizamento de Solo
Setor 02	Alto (R3)	23	Deslizamento de Solo, Rolamento de Bloco
Setor 03	Alto (R3)	16	Deslizamento de Solo, Rolamento de Bloco
Setor 04	Alto (R3)	24	Solapamento
Setor 05	Alto (R3)	3	Solapamento / Deslizamento de Solo
Setor 06	Alto (R3)	2	Solapamento
Setor 07	Alto (R3)	1	Solapamento
Setor 08	Alto (R3)	17	Solapamento
Setor 09	Alto (R3)	15	Solapamento
Setor 10	Alto (R3)	11	Solapamento
Setor 11	Alto (R3)	16	Solapamento
Setor 12	Alto (R3)	7	Solapamento
Setor 13	Alto (R3)	5	Deslizamento de Solo

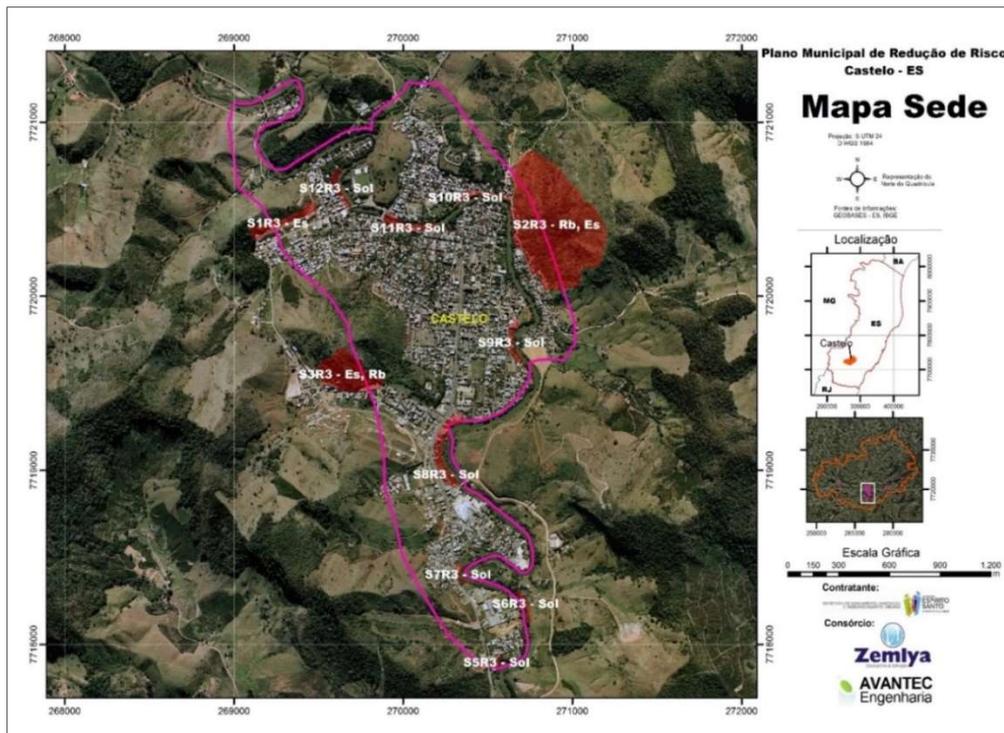


Figura 4 – Setores de risco identificados na sede do município de Castelo - ES.

Situações de risco alto ocorrem em todo o município, destacando-se os bairros Niterói, Santo Agostinho, Vila Barbosa, Volta Redonda e Nossa Senhora Aparecida, bem como aqueles que concentram maior número de moradias expostas.

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 composição dos custos e a priorização das obras formatadas por setor, além da síntese dos resultados para o município. O custo total estimado tomando-se como base a planilha SINAPI/2014 foi da ordem de R\$ 6.963.065,09.

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 plano de risco geológico do município de Castelo-ES. Entre as diversas proposições ressalta-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, o levantamento de possíveis fontes de recursos nas esferas Municipal, Estadual e Federal e, principalmente, ações relacionadas à reestruturação e fortalecimento do sistema municipal de defesa civil.

7. ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO

O mapeamento das áreas de inundação do Município de Castelo incluiu inicialmente:

- Definição das áreas de intervenção e das causas das inundações que acontecem no município, abrangendo: áreas suscetíveis, contornos e cotas das linhas de inundação com recorrências calculadas entre 2 e 100 anos, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e danos causados pelas inundações;

- Análise da legislação de uso e ocupação do solo em vigor, como também do sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os “gargalos” institucionais; e

- O impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem existente.

Num segundo momento, além dos cenários atuais de inundação foram traçados cenários futuros utilizando modelos de simulação como ferramentas para a previsão tomando-se como base a expansão urbana em curso, e considerando a não implantação das propostas indicadas no Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais elaborados.

A elaboração do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do município de Castelo teve como foco as bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundação mais frequentes, sendo estas as bacias dos Rios Castelo e Caxixe. A Figura 5 retrata as bacias hidrográficas supracitadas e a relação destas com a área urbana do município.

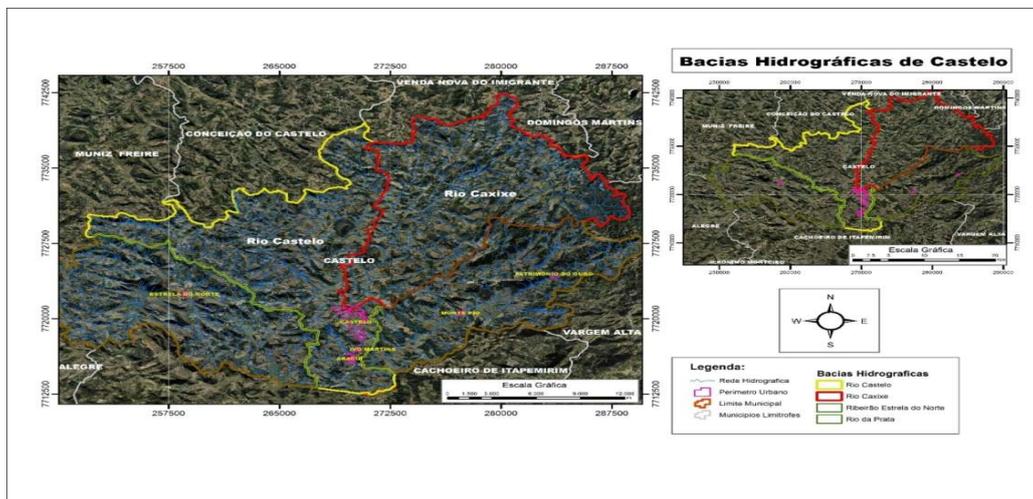


Figura 5 - Bacias hidrográficas do município de Castelo relacionadas ao estudo.

Nesta etapa do trabalho, voltado ao cenário de risco hidrológico, bem como à minimização das consequências dos desastres relacionados a este tipo de risco, foi destacado como objetivo geral fornecer subsídios técnicos e institucionais ao município de Castelo que permitissem reduzir os impactos das inundações na cidade e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

Para tanto, foram necessárias as seguintes ações:

1 - Apresentar soluções para o controle dos principais problemas relacionados a cheias no município de Castelo, tendo como foco a bacia dos Rios Castelo e Caxixe;

2 - 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 ajudarão a reduzir os prejuízos, diminuir os custos de controle e evitar o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicado em outros municípios do estado ou do país;

3 - Discutir as soluções com o poder público e com a comunidade; e

4 - Treinar agentes locais para o enfrentamento dos problemas inerentes à diminuição dos riscos de inundação nas áreas de intervenção.

O objetivo do mapeamento foi fornecer subsídios técnicos 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.

O resultado da cartografia da suscetibilidade a processos de inundação tomando-se como base modelagens e recorrências de 2 a 100 anos pode ser visualizada a seguir, nas Figura 6 e 7.

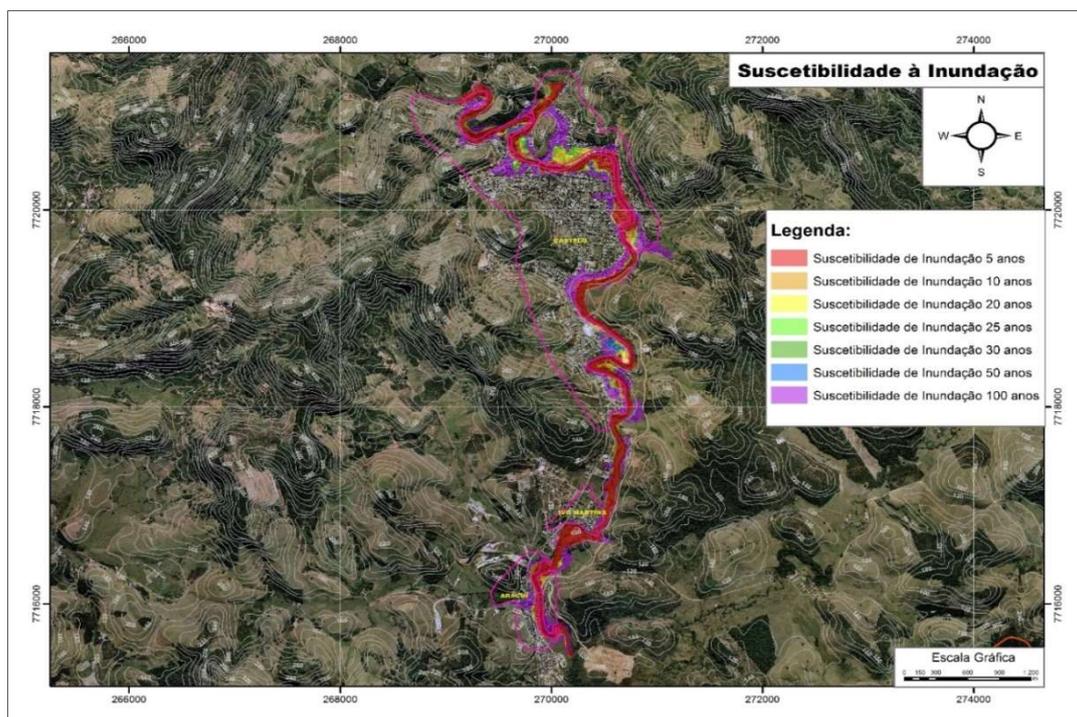


Figura 6 – Carta de suscetibilidade à inundação do Município de Castelo – ES.

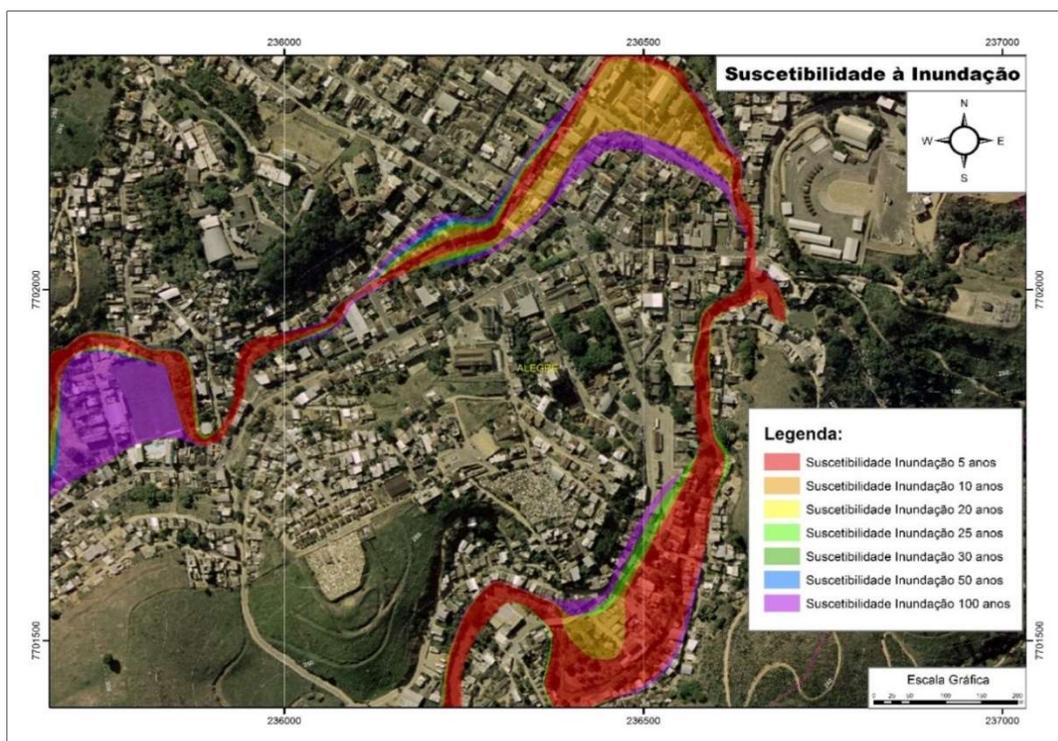


Figura 7 – Ampliação de parte da Carta de suscetibilidade à inundação do Município de Castelo – ES, para melhor visualização das classes.

Entre as principais causas dos problemas relacionados à drenagem urbana no município, tem-se 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.

Dentre as inundações, destacam-se as ocorridas em janeiro de 2009 quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ao longo do rio Castelo e Caxixe, em trecho urbano. De acordo com os dados da Defesa Civil do município e verificados junto aos da Agência Nacional de Águas (ANA), no dia 23/01/2009, a vazão do rio Castelo foi de 298,14 m³/s. Essa vazão tem um tempo de recorrência de 62 anos no regime hidrológico do rio Castelo.

8. CONCLUSÕES

A realização das atividades de identificação e mapeamento dos setores de risco resultou nos seguintes produtos:

- Atualização e qualificação do conhecimento já disponível sobre os riscos associados a deslizamentos e inundações não só para as áreas de assentamento precário do município, mas também para a cidade formal, por meio de setorização, estimativa de moradias afetadas e estabelecimento de graus e tipologias de suscetibilidade e risco;
- Mapa dos setores de risco geológico muito alto, alto e médio do território

municipal relacionados aos processos de deslizamento e solapamento, principalmente, e secundariamente, erosão;

- Mapa das áreas de suscetibilidade a processos de inundação do município de Castelo baseado em modelagens hidrológicas com resultados apontando períodos de recorrências de 2 a 100 anos;

- Ficha de campo para cada setor de risco identificado, contendo não só as características da área, mas também as proposições de intervenção estruturais e não estruturais para a eliminação/redução do risco e/ou convivência segura com o quadro diagnosticado seja em relação aos riscos geológicos, seja em relação aos riscos hidrológicos.

Apesar da relação direta entre condicionantes físicos (relevo e geologia), a deflagração de processos geodinâmicos de movimentos de massa se dá no município principalmente pela forma de ocupação. Já os problemas relacionados às áreas de inundação, como na maioria dos municípios brasileiros, a ocupação da planície aluvionar e o adensamento e verticalização sobre a mesma só tem aumentado o número de vítimas associadas a ocorrência de inundações e enxurradas no município. Entretanto, o Plano de Intervenções Estruturais para o Município de Castelo, que corresponde a uma das etapas do Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR, e do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais, dos quais estes mapeamentos fazem parte, demonstraram a viabilidade de melhoria das 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 risco alto e muito alto para os movimentos de massa, e suscetibilidade/perigo alta em relação as áreas de inundação com recorrência entre 2 a 10 anos.

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. Estruturas do Pré-Cambriano inferior brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumos dos trabalhos...**Belo Horizonte: SBG-Núcleo Minas Gerais, 1976. P. 201-202.

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

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 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/L12608.htm . Acesso em: 24.junho.2017.

CAMPOS NETO M.C. & FIGUEIREDO M.C.H. 1990. Evolução geológica dos terrenos Costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, **Anais**, 6:2631-2648.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: ABGE. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p 301-310.

FIDEM - FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL DE PERNANBUCO. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana de Recife**. Recife. 2003. 384p.

LEITE, C. V. P.; BATISTA, P. C.; VIANA, C. S. A gestão do risco geológico em Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 11, 2005, Florianópolis: ABGE, 2.005. (**Anais eletrônico - CD-ROOM**).

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a deslizamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SOUZA, L. A. 2015. **Cartografia Geoambiental e Cartografia Geotécnica Progressiva em Diferentes Escalas: Aplicação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo, Municípios de Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Escola de Minas, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 461 p.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G.; DE MEDEIROS, S. R.; DE ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C. D.; MENDES, J.; LUDKA, I.). **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões Com a Faixa Araçuaí**. Rio de Janeiro. **GEONOMOS** 15(1): 67 - 79, 2007.

UNISDR. **Global assessment report on disaster risk reduction**. ISBN/ISSN: 9789211320282, 207p. 2009.

WIEDEMANN, C.M; BAYER, P.; HORN, H.; LAMMERER B.; LUDKA, IP.; SCHMIDT-THOMÉ, R. & WEBER-DEFENBACH, K. 1986. Maciços Intrusivos do Espírito Santo e seu contexto regional. **Rev. Bras. Geo.**, 16 (1): 24-37.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387