

ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE FRENTE AO FATOR GEOLÓGICO EM SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO MG

Geandra Martins do Carmo¹, Tereza Cristina de Faria Kraüss Pereira²,
Eduardo Goulart Collares³

Resumo – Esta pesquisa é parte integrante do Projeto Grande Minas - União pelas Águas, que trata do zoneamento ambiental das Sub-Bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande. O zoneamento produziu importantes informações sobre os meios físico, biótico e socioeconômico dos 22 municípios que compõem a bacia hidrográfica, dentre eles o local deste estudo, que é o município de São Sebastião do Paraíso - MG. O objetivo geral deste projeto é a implementação do Zoneamento Ambiental do Médio Rio Grande no município frente às suscetibilidades e adequabilidades concernentes às suas diferentes tipologias geológicas. A metodologia envolveu a exploração de instrumentos de planejamento e gestão relativos ao município e os aspectos legais ligados a uso e ocupação do solo, seguida da elaboração de uma base de dados digital e georreferenciada para o município utilizando os dados do meio físico. Num terceiro momento realizou-se um diagnóstico de uso e ocupação do solo e de processos do meio físico ocorrentes nas diferentes tipologias geológicas existentes no município, culminando na análise e proposição de diretrizes, selecionadas do Projeto Grande Minas, visando o controle ambiental na área de estudo.

Abstract – This research is an integral part of the Grande Minas - União Ano Águas Project, which deals with the environmental zoning of the Sub-Basins of the Rio Grande River Basin. The zoning produced important information about the physical, biotic and socioeconomic resources of the 22 municipalities that make up the hydrographic basin, among them the study site, which is the municipality of São Sebastião do Paraíso - MG. The general objective of this project is the implementation of the Middle Rio Grande Environmental Zoning in the municipality in front of the susceptibilities and adequacies concerning its different geological typologies. The study used the Municipal Master Plan, as legal support in the analyzes. The methodology involved four stages, the first one was the exploration of the planning and management instruments related to the municipality and the legal aspects related to land use and occupation, the second was the elaboration of a digital and georeferenced database for the municipality using the data from the physical environment, the third was the realization of a diagnosis of the use and occupation of the soil and processes of the physical environment occurring in the different geological typologies existing in the municipality, and the fourth was to analyze and propose guidelines aimed at environmental control in the study area.

Palavras-Chave – Suscetibilidade Geológica; planejamento regional e urbano; zoneamento ambiental.

¹ Discente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG - Unidade de Passos, MG), (35) 99704-2144, geandra.martins@hotmail.com.

² Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG - Unidade de Passos, MG). Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Urbana, Coordenadora do Projeto de Pesquisa, (35) 3558 1674, tereza.pereira@uemg.br.

³ Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG - Unidade de Passos, MG). Engenheiro Geólogo e Doutor em Geotecnia, Coorientador do Projeto de Pesquisa, (35)3521-5723, collaresambiental@hotmail.com.

O município possui área de 814,9 Km² e densidade demográfica 79,74 hab/km². A população estimada para 2016 é de 70.066 habitantes e a taxa de urbanização é de 92,25%, de acordo com os dados do IBGE, 2017.

As unidades geomorfológicas Planalto Dissecado do Sul de Minas e o Planalto da Bacia do Paraná são predominantes no município, de acordo com CETEC (1983). As altitudes variam em torno de 900 metros. A geologia regional é formada tanto por rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, quanto por rochas do Embasamento Cristalino. As unidades referentes à Bacia do Paraná predominam no setor sul-sudoeste do município e são constituídas por rochas paleozóicas (Formação Aquidauana) e mesozóicas (Formações Serra Geral e Botucatu). Os Tipos litológicos predominantes são: arenitos, conglomerados, basaltos e diabásios (COMIG, 1994). Quanto á hidrogeologia, o aquífero regional confinado é do tipo fissurado e profundo, correspondente a um maciço de rochas metamórficas representadas por micaxistos e gnaisses.

2.2 Metodologia

Para a realização desse projeto as etapas a serem cumpridas estão apresentadas no fluxograma da Figura 2.

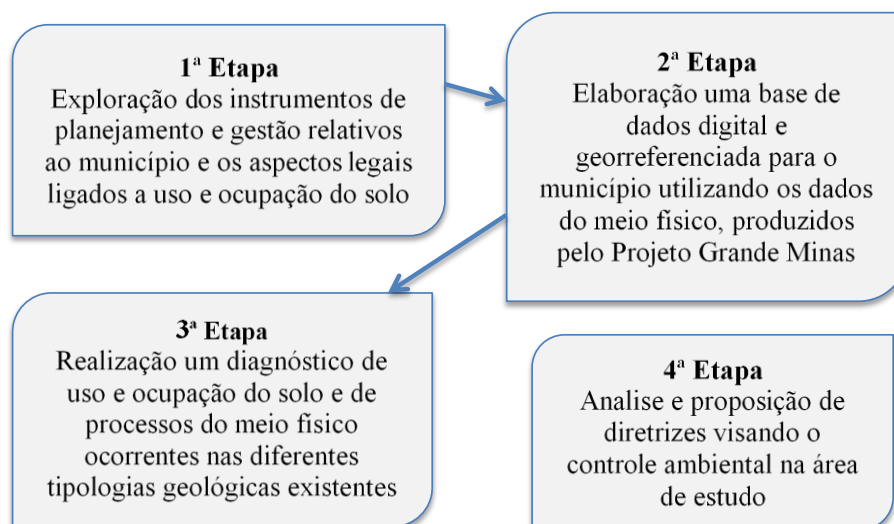


Figura 2 - Etapas metodológicas a serem desenvolvidas no projeto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo do Plano Diretor do Município, definido pela lei complementar nº 002, de 19 de dezembro de 2003, permitiu destacar alguns pontos fundamentais que foram tomados como referência para a efetivação deste trabalho. O Quadro 1 apresenta o resultado da análise do Plano Diretor do Município de São Sebastião do Paraíso, MG.

Quadro 1: Sistematização do Plano Diretor do Município de São Sebastião do Paraíso – MG

LEI COMPLEMENTAR Nº 002 DE 19/12/2003 Plano Diretor do Município de São Sebastião do Paraíso – MG Análise dos aspectos legais ligados a uso e ocupação do solo (síntese)		
ABORDAGEM	FUNDAMENTAÇÃO	COMENTÁRIOS
Uso e Ocupação do Solo	Inciso VIII do Art. 25º Alíneas a); b); e)	Ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar: -a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; - o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana; -a poluição e a degradação ambiental;
	Inciso X do Art. 25º	Garantia da distribuição equilibrada da ocupação e uso do solo, considerando a infraestrutura disponível, o transporte e o meio ambiente, evitando a ociosidade e a sobrecarga dos investimentos coletivos;
	Inciso I, IV, VI do Art. 82	O capítulo VI tem como objetivo: -orientar e estimular o desenvolvimento urbano; -assegurar uma concentração urbana equilibrada, mediante o controle do uso e do aproveitamento adequado do solo; -assegurar reservas de áreas necessárias à expansão de acordo com o planejamento físico-territorial urbano;
	Inciso VI e VII do Art. 25º	São diretrizes gerais da política urbana: - organização do território municipal por meio de instrumentos de Parcelamento do Solo e de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento; - promoção do desenvolvimento integrado e racional do espaço urbano, observando o disposto nas leis de Parcelamento do Solo e de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento;
Da política urbana e do meio ambiente	Inciso II e III do Art. 24º	A política urbana baseia-se nos seguintes princípios: - integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais, tendo em vista o desenvolvimento socioeconômico do Município e do território sob sua área de influência; - adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;

A base de dados do município foi construída considerando os produtos resultantes do Projeto Grande Minas.

Foram considerados os aspectos do Meio Físico, Socioeconômico, uso e ocupação do solo e Fragilidades na compilação de dados, o que envolveu documentos cartográficos com informações sobre, Geologia, Geomorfologia e Solos. Os aspectos da Socioeconomia abrangeram, principalmente, dados de atividades modificadoras do meio físico, uso e ocupação do solo, barramentos e atividades minerárias. Já os aspectos da fragilidade disponibilizaram documentos cartográficos com informações relacionadas à fragilidade natural e susceptibilidade a inundação, erosão e movimentos de massa, para posteriores análises.

Em relação aos dados do meio físico (geologia, geomorfologia e solos) alguns dos documentos cartográficos foram produzidos especificamente para o município.

O Mapa de Formações Geológicas e Mapa de Substrato Rochoso Dominante (Figura 3 a e b) serviram de suporte, uma vez que o Substrato Rochoso Dominante no município foi a base desse estudo.

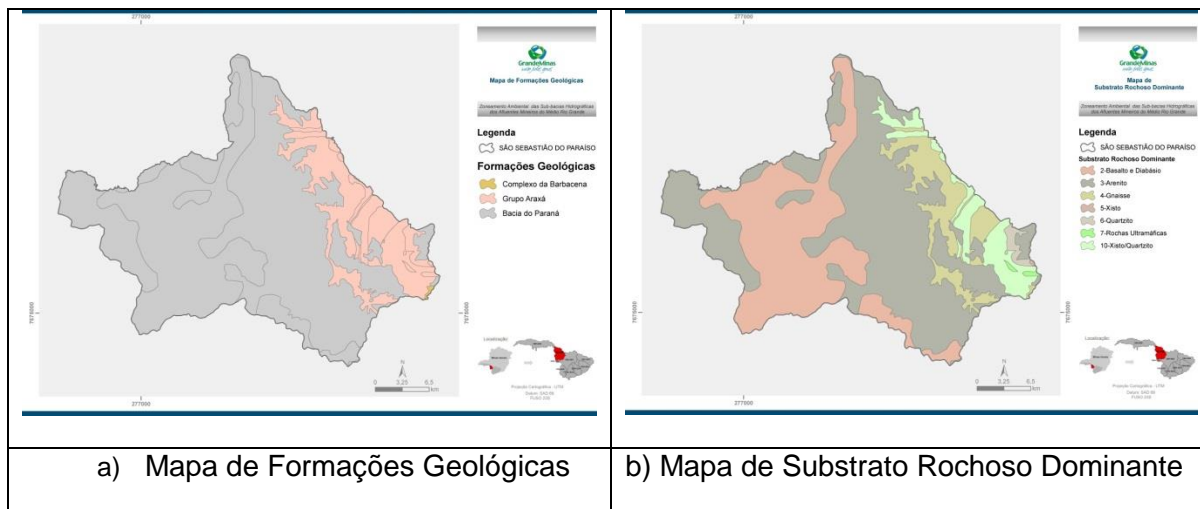


Figura 3 - Mapas de Formações Geológicas e de Substrato Rochoso Dominante
 Fonte: Adaptado de Collares et al (2013)

Quanto ao uso e ocupação do solo, tendo as diferentes tipologias geológicas como limite referencial para a interpretação dos dados, já com a adaptação das informações, foi feita a edição das classes utilizando imagem de satélite atual da área, juntamente com o Mapa de Uso e Ocupação de 2009 do Projeto Grande Minas e foram inseridos no ambiente de trabalho do ArcGis. Assim, as classes de uso e ocupação foram editadas com base na fotointerpretação de imagem de satélite atual, resultando no Mapa de Uso e Ocupação Atual do Solo (Figura 4) da área, na escala 1:50.000. Esta etapa de sensoriamento remoto foi realizada utilizando-se de imagens de satélite de média e alta resolução espacial selecionadas dentre as de acesso livre como Rapideye e as imagens do aplicativo Google Earth Pro.

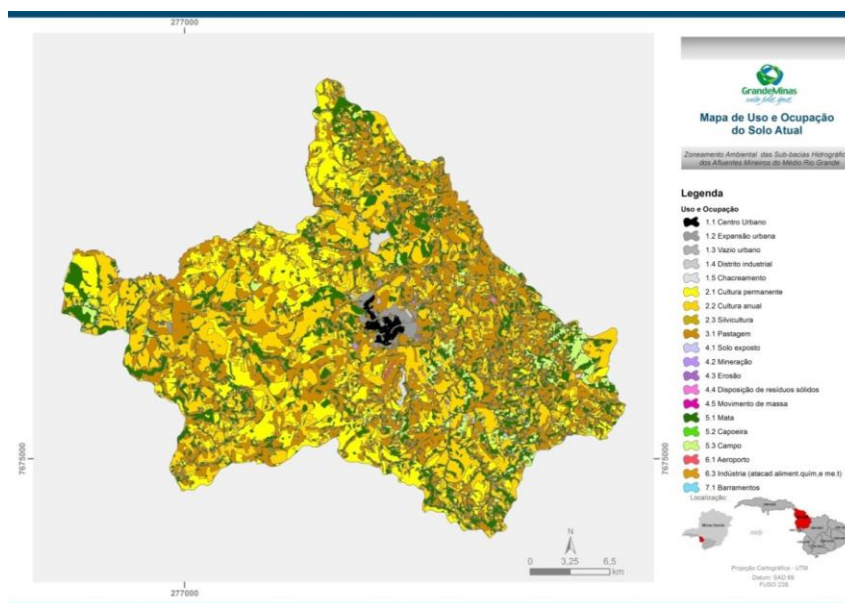


Figura 4 - Mapa de Uso e Ocupação Atual - 2017

Para fazer uma análise do uso e ocupação do solo em cada tipologia geológica, foi utilizado o mapa de Substrato Rochoso (Figura 5) já dividido em cada uma dessas faixas.

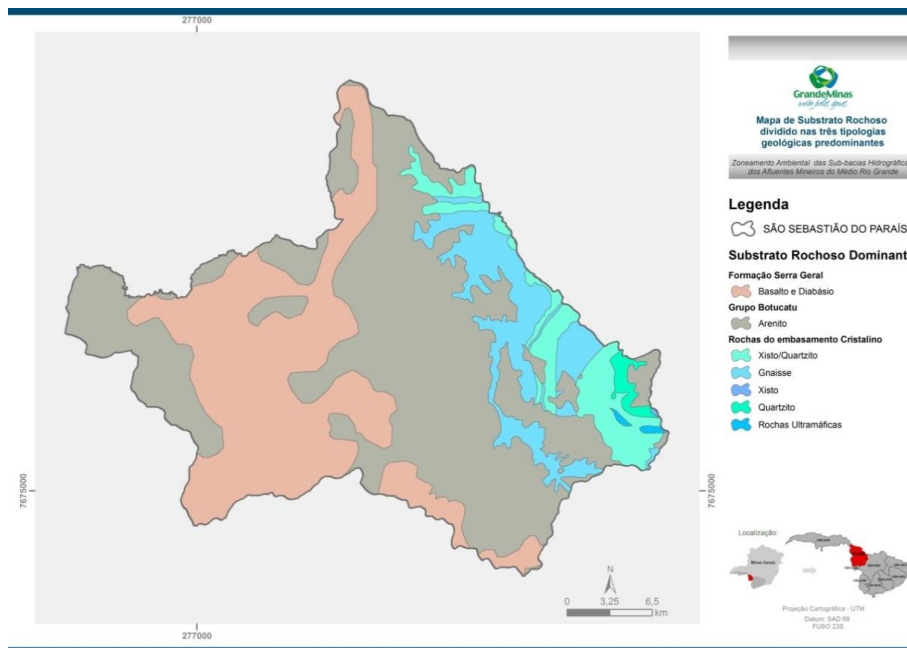


Figura 5. Mapa de Substrato Rochoso dividido nas três tipologias geológicas dominantes

A atualização do Mapa de Uso e Ocupação do Solo permitiu evidenciar as alterações em cada tipologia geológica, conforme verificado na Figura 6.

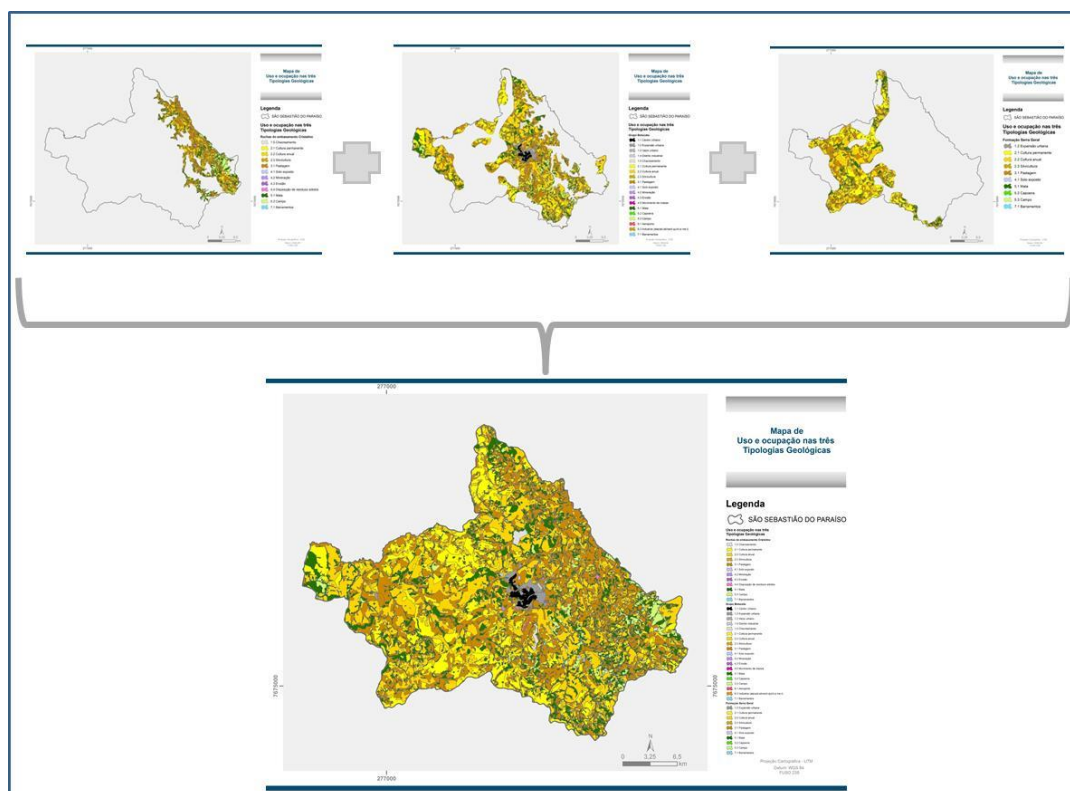


Figura 6. Mapa de Uso e Ocupação nas três Tipologias Geológicas dominantes - 2017

De acordo com o mapeamento de Uso e Ocupação do Solo, antigo e atual, elaborou-se a Tabela 1 contendo as informações de 2009 e 2017, como também a variação de áreas ocorridas em cada atividade localizadas na área de cada tipologia geológica.

Tabela 1. Uso e ocupação em cada Tipologia Geológica

Uso e ocupação na faixa das Rochas do embasamento Cristalino			
Fatores/Atividades	Área 2017 (km²)	Área 2009 (km²)	%
Chacreamento	0.1433	0.104	27,42
Solo exposto	0.2906	0.2948	1,42
Mineração	0.0463	0.0489	5,32
Erosão	0.0162	0.0204	20,59
Disposição de resíduos sólidos	0.1422	-	-
Barramentos	0.3606	0.3555	1,41
Uso e ocupação na faixa do Grupo Botucatu			
Fatores/Atividades	Área 2017 (km²)	Área 2009 (km²)	%
Chacreamento	2.8839	2.6892	6,75
Solo exposto	1.5374	1.1737	22,70
Mineração	0.3823	0.427	10,74
Erosão	0.761	0.7515	1,25
Disposição de resíduos sólidos	-	0.052	-
Movimento de massa	0.0072	0.0034	52,78
Barramentos	0.8874	0.868	2,19
Uso e ocupação na faixa da Formação Serra Geral			
Fatores/Atividades	Área 2017 (km²)	Área 2009 (km²)	%
Solo exposto	0.0748	0.0722	3,48
Barramentos	0.3836	0.4053	5,35

A alteração verificada quanto à disposição de resíduos sólidos se justifica pelo fato da construção do Aterro Sanitário, em área de Rochas de Embasamento Cristalino e a desativação do Aterro Controlado situado na faixa do Grupo Botucatu. Desta forma, mesmo atualmente constata-se a existência de gramínea na área de Aterro Controlado, foi considerado como área de Disposição de Resíduo Sólido pelo fato da restrição apresentada por esse tipo de área com passivo ambiental.

A tipologia Formação Serra Geral apresenta Baixa susceptibilidade à Erosão e Movimento de Massa na maior parte de sua área, o que justifica o decréscimo dos processos erosivos, de acordo com a tabela 2. Observa-se também que houve um aumento na área ocupada por Chacreamentos.

Verifica-se que na faixa do Grupo Botucatu que houve um aumento na área de solo exposto, o que requer precauções, pois pode levar a mais processos erosivos, já que sua

tipologia geológica possui alta susceptibilidade à Erosão e movimento de massa. Quanto a mineração houve um decréscimo.

A Tabela 2 retrata as ocorrências de áreas suscetíveis à Erosão e Movimento de Massa relacionadas com a tipologia geológica.

Tabela 2. Suscetibilidade a erosão e movimento de massa em cada Tipologia Geológica

<i>Tipologia Geológica</i>	<i>Suscetibilidade a erosão e movimento de massa</i>	<i>Área(km²)</i>
<u>Rochas do embasamento Cristalino</u>	Baixa	37.4946
	Média	103.9684
	Alta	0.7941
<u>Grupo Botucatu</u>	Baixa	0.1292
	Média	9.4512
	Alta	410.5308
<u>Formação Serra Geral</u>	Baixa	238.9567
	Média	17.3757
	Alta	0.1074

Verifica-se que o Grupo Botucatu é o que apresenta maior área na classe Alta, o que se observa também no Mapa de localização de Processos Erosivos e Movimentos de Massa. Observa-se que a área urbana está inserida na faixa do Grupo Botucatu, o que requer precauções quanto à ocorrência de processos erosivos. Já a tipologia Formação Serra Geral apresenta a maioria de sua área na classificação Baixa susceptibilidade à Erosão e Movimento de Massa. E as Rochas do Embasamento Cristalino se apresentam com classificação Média quanto à Suscetibilidade a erosão e movimento de massa.

As principais diretrizes estão listadas no Quadro 2 e deverão fazer parte do planejamento e gestão territorial do município. Essas diretrizes aplicam-se principalmente para o Grupo Botucatu e Rochas de Embasamento Cristalino.

Quadro 2. Diretrizes Propostas (Adaptado de Collares, 2013).

- Limitar a implantação de novos empreendimentos com médio ou alto potencial poluidor dos recursos hídricos a montante do ponto de captação pública de água;
- Exigir análise periódica dos recursos hídricos dos empreendimentos já instalados à montante do ponto de captação pública de água;
- Limitar a autorização de outorgas a montante do ponto de captação pública de água;
- Priorizar a instalação de estação de tratamento de esgoto municipal;
- Monitorar a qualidade da água nas proximidades dos pontos de descarga;
- Estabelecer um cronograma para a desativação dos pontos de descarga de esgoto e impedimento de instalação de novos pontos;
- Estabelecer meta para novo enquadramento do recurso hídrico no local (para uma classe mais favorável);
- Priorizar o funcionamento adequado do sistema de drenagem urbana para evitar inundações e acionamento de processos erosivos;
- Maximizar fiscalização para evitar ocupações em áreas de risco ou de preservação;
- Estimular a ocupação de vazios urbanos não restritivos à ocupação;
- Estimular práticas de educação ambiental como a coleta seletiva e o plantio de árvores que se adéquem às áreas urbanizadas;

- Fiscalizar o cumprimento da lei de parcelamento de solo municipal, principalmente no que tange ao espaço destinado aos equipamentos públicos e manutenção de áreas não impermeabilizadas;
- Controlar a instalação de novas atividades modificadoras;
- Realizar um controle ambiental mais rígido das atividades modificadoras e dos possíveis impactos agregados (que são potencializados pelo acúmulo de atividades);
- Estudar a viabilidade de implantação e/ou regulamentação de distritos e/ou zonas industriais;
- Estimular o direcionamento do avanço das ocupações urbanas para esta área;
- Implantar infraestrutura adequada na área para o avanço das ocupações urbanas;
- Criar medidas para incentivar a ampliação e/ou implantação de áreas florestadas (apoio técnico, estímulo a parcerias, etc);
- Realizar um rígido controle para evitar novos desmatamentos;
- Priorizar projetos de implantação e recuperação de áreas florestadas;
- Priorizar a implementação de medidas que determinem o cumprimento da lei no que tange à recomposição das áreas de preservação.

4. CONCLUSÕES

Nas diretrizes gerais da política urbana, apresentada no Plano Diretor, preconiza a organização do território municipal por meio de instrumentos que permitem o desenvolvimento integrado e racional do espaço. Desta forma, o Zoneamento Ambiental corrobora no sentido amplo da proposição do Plano Diretor, uma vez que a integração e complementariedade entre o rural e urbano se evidenciam nos pilares ambiental, social e econômico do município.

Os produtos resultantes do Zoneamento Ambiental do Médio Rio Grande (Projeto Grande Minas) foram fundamentais para a elaboração desse estudo permitindo interpretações específicas do território municipal.

Quanto ao levantamento de informações atuais observa-se que houve um aumento na área de solo exposto no Grupo Botucatu, o que requer precauções, pois pode levar a mais processos erosivos, já que sua tipologia geológica possui alta susceptibilidade à Erosão e movimento de massa, o que deve ser controlado por meio das diretrizes propostas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PAPq UEMG pelo fomento à pesquisa e à bolsa de pesquisa, e UEMG – Unidade Passos/MG pelo apoio e suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

CETEC (1983) **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. 1v. (Séries de Publicações Técnicas, 10).

COLLARES, Eduardo Goulart (Org.). **Zoneamento Ambiental das Sub-Bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande**: Zoneamento das Unidades Ambientais, Cenários e Diretrizes Gerais e Específicas; Volume 4. Passos, MG: Edifesp, 2013. 620 p.

COMIG (1994). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais** – 1:1.000.000. Belo Horizonte, COMIG/SEME.

FREITAS, M. K.; FÉLIX, A. J. L. Avaliação das condições de uso e qualidade do transporte coletivo: estudo de caso de São Sebastião do Paraíso MG. **Revista Ciência Et Praxis**, V.S,N.9, p. 37 – 44, 2012.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – São Sebastião do Paraíso - MG disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316470&search=minas-gerais|sao-sebastiao-do-paraíso>> Acessado em 29/03/2017

MAGRI, Rômulo Amaral Faustino. **Análise da suscetibilidade à erosão da região do Médio Rio Grande (MG)**. 2013.226 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MESSIAS, C.G.; FERREIRA, M.F.M.; RIBEIRO, M.B.P.; MENEZES, M.D. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da Hidrelétrica do Funil, MG. **Revista Geonorte**, edição especial, v. 2, n. 4, p. 112-125, 2012.

MIARA, M.A. & OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental: um estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Cara-Cara, Ponta Grossa, PR. **Revista RA'E GA**. n. 13, p. 85-98, 2007.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I. S. D. de; RANIERI, Victor Eduardo Lima; FONTES, Aurélio Teodoro; SOUZA, Marcelo Pereira de. O Zoneamento Ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção** n. 6, p. 49– 64, Jun 2007.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. da. **A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais: análise de Conflitos e Interlocações visando Políticas Públicas Integradas**. V Encontro Nacional da Anppas 4 a 7 de outubro de 2010. Florianópolis - SC – Brasil 2010.

Prefeitura municipal de São Sebastião do Paraíso. Disponível em: <http://www.paraíso.mg.gov.br/> Acessado em: 29.03.2017.

SANTOS, M. R. R. dos; RANIERI, V. E. L. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. 16, n. 4. p. 43-62. out.- dez. 2013.

SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍSO, MINAS GERAIS, BRASIL. Lei Complementar nº 002, de 19 de dezembro de 2003. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Sebastião do Paraíso**. Disponível em:< <http://sistema.areassp.com.br/uploadArquivo/1306532037.pdf>>. Acesso em: 08.08. 2017.

SIMÕES, P. M. L.; OLIVEIRA, C. V. Avaliação da susceptibilidade à erosão e aos movimentos de massa no município de Ibitité. **Geonomos**. v. 22, n.1, p. 22-30, 2014.