



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC
DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de
Sistemas Ambientais

MODELAGEM DO USO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS DA
GEODIVERSIDADE NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS - MG

CAMILA RAGONEZI GOMES LOPES

Belo Horizonte,
2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC
DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de
Sistemas Ambientais

MODELAGEM DO USO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS DA
GEODIVERSIDADE NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS - MG

CAMILA RAGONEZI GOMES LOPES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Úrsula Ruchkys de Azevedo

Belo Horizonte,
2015

L864m
2015

Lopes, Camila Ragonezi Gomes.
Modelagem do uso e conservação dos recursos da geodiversidade no município de São Thomé das Letras - MG [manuscrito] / Camila Ragonezi Gomes Lopes. – 2015.
99 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2015.
Bibliografia: f. 94-99.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Geoconservação – Teses. 3. Sistemas de informação geográfica – Teses. 4. São Thomé das Letras (MG) – Teses. I. Ruchkys, Úrsula de Azevedo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS
AMBIENTAIS



FOLHA DE APROVAÇÃO

MODELAGEM DO USO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS DA
GEODIVERSIDADE NO MUNICÍPIO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS -
MG

CAMILA RAGONEZI GOMES LOPES

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS

Aprovada em 25 de maio de 2015, pela banca constituída pelos membros:


Profa. Úrsula Ruchkys de Azevedo - Orientador
UFMG


Profa. Maria Márcia Magela Machado
UFMG


Prof. Bráulio Magalhães Fonseca
Autônomo

Belo Horizonte, 25 de maio de 2015.

SÃO THOMÉ DAS LETRAS

MILTON NASCIMENTO

Guardo nos olhos
Sua poesia
De pedras sobre pedras
De mistérios e magias

Um povo livre
Simple e menino
A paz que toca a gente
Pode ser o meu destino

Astros passeiam no mais lindo céu
De forças tão poderosas

Gente que vem de longe daqui
Se embriagar de estrelas

São Thomé das letras
Eu te vejo assim
Nave dos meus sonhos
Que navega em mim

RESUMO

Ordenar a ocupação do espaço é um desafio que exige a integração de variáveis que atendam a critérios específicos, relacionados a diferentes objetivos. No contexto de Minas Gerais, onde sua história e seu desenvolvimento econômico estão intimamente atrelados à mineração, ressalta-se a importância de analisar a dinâmica espacial desta atividade sobre uma perspectiva territorial e seu potencial didático educativo. Este estudo tem como objetivo construir cenários territoriais que priorizem a integração da atividade minerária com medidas geoconservacionistas no município de São Thomé das Letras, Minas Gerais. O método que foi empregado consiste em revisão bibliográfica, caracterização da área de estudo, modelagem dinâmica espacial vinculada às geotecnologias (Sistemas de Informação Geográfica – SIGs, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto) e análise de multicritério para construção dos cenários. A partir dos resultados obtidos foram indicadas áreas potenciais para a exploração minerária, para geoconservação e a integração de ambas. Espera-se que este trabalho possa subsidiar o ordenamento territorial de São Thomé das Letras, auxiliar a reconversão de territórios minerários, além de valorizar o potencial histórico, turístico, didático e educativo da mineração no município.

Palavras-chave: Modelagem de cenários; Geotecnologias e Geoconservação

ABSTRACT

Sort the space occupation is a challenge that requires the integration of variables that fulfil specific criteria related to different goals. In Minas Gerais context, where the history and economic development are closely linked to mining, it is important to analyse the spatial dynamics of this activity on a territorial perspective, and the didactic educational potential. This study aims to build regional scenarios that focus on the integration of mining activity with geoconservation measures in São Thomé das Letras, Minas Gerais. The method that will be employed consists of literature review, characterization of the study area, spatial dynamic modelling linked to geotechnology (Geographic Information Systems - GIS, Remote Sensing and GIS) and multi-criteria analysis for the scenarios construction. The results will indicate potential areas for mining exploration, to Geoconservation and integration of both. It is hoped that this work can support the spatial planning of São Thomé das Letras, assist the conversion of mining areas, and enhance the historic, tourist, educational and educational potential of mining in São Thomé das Letras.

Keywords: Scenario Modelling; Geotechnology and Geoconservation

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	7
2) Referencial Teórico.....	10
2.1. Geodiversidade: a componente abiótica dos recursos naturais.....	10
2.2. O uso econômico da geodiversidade	10
2.3. Geoconservação, geoturismo e reconversão de territórios minerários	11
2.4. A Geodiversidade e sua quantificação	14
2.5. O método de avaliação por Múltiplos Critérios – Análise de Decisão	17
3) Caracterização da área	21
3.1) Aspectos Físicos.....	21
3.1.1) Geologia	21
3.1.2) Geomorfologia	24
3.1.3) Solos.....	31
3.1.4) Hidrografia	33
3.1.5) Clima.....	35
3.2) Aspectos Bióticos.....	35
3.2.1) Flora.....	35
3.2.2) Fauna.....	38
3.3) Aspectos Socioeconômicos	39
3.3.1) Processo produtivo da exploração mineral.....	39
3.3.2) Turismo.....	41
4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
4.1) Materiais	45
4.2) Metodologia	46
4.2.1) Coleta e tratamento de dados	46
4.2.2) Índice de Geodiversidade.....	46
4.2.3) Análise Multicritério	48
4.2.4) Construção de Cenários.....	49
4.3) Cenário de exploração mineral – pedra são tomé	75
4.4) Cenário de Geoconservação	78
5) resultados e discussão	81
5.1) Índice de Geodiversidade	81
5.2) Cenário de exploração mineral – pedra São Tomé	84
5.3) Cenário de Geoconservação	86
5.4) Cenário Integrado	88
6) Considerações finais	92
Referências	94

1) INTRODUÇÃO

A interação entre os elementos naturais e culturais pode ser reconhecida na paisagem, onde são inscritos os valores e padrões da cultura de determinada organização social. A apropriação do meio físico pelas sociedades humanas é singular, pois reporta à identidade e a história do modo de vida de grupos sociais específicos.

A crescente utilização dos recursos naturais tem levado a necessidade de se conhecer melhor o território e seus agentes sociais, utilizando essas informações para planejá-lo e ordená-lo. O acompanhamento da dinâmica dessa influência recíproca entre os elementos naturais e a cultura tem grande importância no intuito de refletir sobre as mudanças de aspectos socioeconômicos de determinadas regiões e compreender os processos que levaram a sua atual configuração.

Buscando contribuir para o planejamento e ordenamento de territórios quanto a utilização de seus recursos naturais, têm sido utilizadas várias metodologias e ferramentas. Neste contexto, merece destaque as geotecnologias que englobam os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. As geotecnologias permitem a modelagem dinâmica, capaz de prover representações realistas de processos espaço-temporais. Os modelos têm a capacidade de representar os mais diversos tipos de processos dinâmicos presentes em estudos de sistemas físicos e socioeconômicos, sendo cada vez mais aplicados em pesquisas nos campos da geomorfologia, hidrologia, estudos climáticos, dinâmica populacional, impacto ambiental, planejamento urbano e turístico, dentre outros.

Uma alternativa consistente que tem sido bastante utilizada quanto à análise integrada de relações complexas são a construção de cenários territoriais, a partir de modelos computacionais. Esta técnica permite a incorporação de múltiplas alternativas de alocação e utilização de recursos no território, auxiliando gestores e órgãos competentes nas tomadas de decisão. A modelagem integrada pode mostrar as potencialidades e fragilidades do ambiente de estudo e vem sendo amplamente utilizada para regiões onde coexistem o uso e a conservação dos recursos naturais, como é o caso de áreas atingidas por mineração.

Minas Gerais é um estado que se destaca por sua importância associada aos recursos minerais. A extração de pedras coradas encontradas em pegmatitos ocorre nas porções norte e leste do estado, com destaque para os municípios de Governador Valadares e Teófilo Otoni, que fornecem turmalina, água marinha, morganita,

amazonita e o berilo, constituinte de esmeraldas. A porção centro-sudeste do estado, conhecida como Quadrilátero Ferrífero, é caracterizada pela ocorrência de ouro, ferro e manganês. Já na porção central, correspondente à serra do Espinhaço são encontrados os diamantes e quartzo. Além destes recursos minerais, no Estado também é comum à extração de rochas ornamentais, segundo Campello (2006) destacam-se: granitos, ardósias, quartzitos folheados, serpentinitos, pedra-sabão, pedra-talco, pedra Lagoa Santa e pedra preta Mariana. Quartzitos folheados são amplamente extraídos no município de São Thomé das Letras, porção sul do Estado.

O município de São Thomé das Letras é conhecido pela ocorrência de quartzitos de coloração clara, localmente conhecidos como pedra são tomé. A exploração pela mineração deste elemento da geodiversidade é o principal fator de degradação ambiental e ao mesmo tempo um dos principais atrativos turísticos da região presente tanto nas construções como associada a outros elementos naturais.

A geodiversidade refere-se à variação litológica das rochas, à disposição destas em afloramentos representando a sucessão de paleoambientes, à diversidade dos solos e a todos os processos geológicos que modelam a crosta terrestre (RUCHKYS, 2007).

Considerando a importância da pedra são tomé tanto para mineração como sob a perspectiva do turismo e do patrimônio geológico, são necessárias iniciativas que busquem desenvolver métodos de avaliação integrada contribuindo no planejamento de ações e ordenamento territorial de modo a conciliar diversos usos deste e de outros elementos da geodiversidade.

Em São Thomé das Letras, podem ser observados passivos ambientais provenientes da atividade minerária. Entre eles, destacam-se as áreas que já foram mineradas e demandam propostas de reabilitação ambiental e de novos usos. Partindo dessa realidade, a geoconservação e o geoturismo podem se configurar como iniciativas eficientes no processo de reabilitação por meio do aproveitamento do potencial natural para atividades recreativas, educacionais e de pesquisa.

No contexto apresentado, a dissertação tem como principal objetivo modelar, por meio de uso de geotecnologias, um cenário integrado para o uso da pedra são tomé considerando tanto a perspectiva da exploração mineral como a da geoconservação. Os objetivos específicos são modelar um cenário de exploração mineral; modelar um cenário voltado para geoconservação; indicar áreas prioritárias

para geoconservação e para exploração mineral; analisar a pertinência do método de avaliação por múltiplos critérios (MCE) para a construção de cenários territoriais.

Neste estudo de cunho exploratório e descritivo, composto por avaliações quali-quantitativas, optou-se pela utilização de análise multicriterial, associadas a geotecnologias (SIG, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto), contemplando a aplicação da lógica *fuzzy*, sendo os pesos e notas sugeridos por especialistas que dominam tanto o fenômeno retratado em cada mapa, como tinham conhecimento específico sobre o território de estudo.

Ao final espera-se, com os resultados alcançados por meio da aplicação do método proposto, contribuir para proposição de alternativas para reconversão de territórios mineradores, como é o caso do município de São Thomé das Letras.

2) REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Geodiversidade: a componente abiótica dos recursos naturais

Geodiversidade é um termo muito recente, que começou a ser utilizado por geólogos e geomorfólogos na década de 1990 para descrever a variedade do meio abiótico. Sharples (1993) o define como “a diversidade de características, assembleias, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas da paisagem) e do solo”.

Já no início do século XXI, Nieto (2001) amplia a definição do termo, incluindo o aspecto humano:

A Geodiversidade consiste no número e variedade de estruturas (sedimentares, tectônicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e petrológicas) e de materiais geológicos (minerais, rochas, fósseis e solos), que constituem o substrato físico e natural de uma região, sobre o qual se assenta a atividade orgânica, incluindo-se a antrópica (NIETO, 2001, p. 7).

Posteriormente, Sharples (2002) publica um estudo sobre conceitos e princípios da geoconservação no qual define a geodiversidade como uma “gama (ou diversidade) de arranjos, processos e sistemas geológicos (substrato), geomorfológicos (geoformas) e pedológicos, dotados de valores intrínsecos, ecológicos e antropocêntricos”.

Uma definição largamente utilizada é a proposta por Gray (2004) que coloca que a geodiversidade é a diversidade de elementos abióticos (aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, paleontológicos) contemplada no âmbito cultural, intrínseco, estético, econômico, funcional, científico e educativo.

2.2. O uso econômico da geodiversidade

Os componentes da geodiversidade podem representar recursos econômicos utilizados de forma direta, como na mineração, ou indireta, por meio do geoturismo.

Dentre os valores da geodiversidade, o econômico tende a ser o mais reconhecido, por ser mais objetivo e tangível que os restantes. Rochas, minerais, sedimentos, fósseis, água subterrânea, as formas de relevo, o solo, são todos elementos que, dependendo de sua aplicação e concentração, podem ter aproveitamento econômico (MOCHIUTTI, GUIMARÃES & MELO, 2011).

As possibilidades da utilização dos elementos da geodiversidade dependem, também, de sua composição, propriedades e características. Dentre as principais,

pode ser citado seu emprego em gemologia (diamante, topázio, turquesa, opala e, com suas variedades, o coríndon, o berilo, a turmalina, o quartzo, e vários outros minerais); em ornamentação (gipso, jade, malaquita, serpentina, calcita, quartzo, etc.); na indústria óptica e científica (quartzo, fluorita, mica, turmalina, etc.); na fabricação de cerâmicas, vidros e esmaltes (fluorita, quartzo, feldspato, nefelina, etc.); como refratários (dolomita, magnesita, grafita, asbesto, cromita, cianita, talco, etc.); na produção de abrasivos (diamante, coríndon, quartzo, granada, etc.) na produção de fertilizantes (apatita, silvita, etc.); como fluxos (principalmente a calcita, a fluorita, e o quartzo); e na obtenção de metais, caso em que os minerais se constituem em minério. Rochas e minerais podem apresentar diversas aplicações práticas. O interesse neles está presente, sobretudo, na indústria e na construção. O quartzito, comumente utilizado como pedra ornamental, pode ter o mesmo emprego da areia, e se moído, é aproveitado como abrasivo ou na fabricação de saponáceos (DNPM, 2005).

No caso do turismo, para Pereira (2006), o valor econômico dos elementos da geodiversidade depende de sua potencialidade “enquanto motor de desenvolvimento econômico”. Sua avaliação deve considerar “critérios relacionados com suas potencialidades de uso, como por exemplo, a visibilidade, a acessibilidade, a presença de água ou neve, a existência de equipamentos de apoio, de iniciativas de divulgação ou ainda de público potencialmente interessado”.

O uso turístico dos elementos da geodiversidade leva a necessidade de conservação destes elementos para que sejam considerados atrativos. Neste contexto merece destaque a geoconservação, termo que vem sendo utilizado para designar a conservação a natureza na sua componente abiótica.

2.3. Geoconservação, geoturismo e reconversão de territórios minerários

Em relação à geoconservação, Sharples (SHARPLES, 1992; 2002, in: NASCIMENTO, *et al.* 2008 p. 41) apresenta uma importante contribuição explicitando que a geoconservação visa a preservação da diversidade natural (ou geodiversidade) de significativos aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de solo, pela manutenção da evolução natural desses aspectos e processos.

Pereira (2010) conceitua geoconservação, no sentido amplo, como a conservação de toda a geodiversidade, e, no sentido restrito, como as estratégias adotadas para conservar o patrimônio geológico. De acordo com Lima (2008):

[...] a geoconservação tem por objetivo promover, suportar e coordenar esforços em prol do uso sustentável da geodiversidade, além de salvaguardar o patrimônio geológico [...] a geoconservação só será eficaz por meio de um apropriado planejamento, baseado no pressuposto do desenvolvimento sustentável (LIMA, 2008, p. 06).

Nesse sentido, a prática da geoconservação deve seguir algumas diretrizes para o reconhecimento dos valores de elementos da geodiversidade que possam ser enquadrados no conceito de Patrimônio Geológico, de modo a desenvolver atividades que sejam compatíveis com sua proteção. De acordo com a UNESCO, a geoconservação deve abranger intuítos educativos e turísticos na gestão dos recursos abióticos, destacando o geoturismo.

Para Hose (2000) as atividades geoturísticas devem sensibilizar o visitante quanto à importância e necessidade de se promover a geoconservação, definindo-a como:

A provisão de facilidades interpretativas e serviços para promover o valor e os benefícios sociais de lugares e materiais geológicos e geomorfológicos e assegurar sua conservação, para uso de estudantes, turistas e outras pessoas com interesse recreativo ou de lazer (HOSE, 2000).

Para tanto, por apresentar essa propriedade educativa, o planejamento geoturístico deve ser realizado de forma cuidadosa, utilizando linguagem clara, uma vez que lida com públicos diversos que, muitas vezes, não estão habituados com a abstração espaço temporal requerida para esse tipo de interpretação. Assim, Ruchkys (2007) define o geoturismo como:

um segmento da atividade turística que tem o patrimônio geológico como seu principal atrativo e busca sua proteção por meio da conservação de seus recursos e da sensibilização do turista, utilizando, para isto, a interpretação deste patrimônio tornando-o acessível ao público leigo, além de promover a sua divulgação e o desenvolvimento das ciências da Terra (Ruchkys, 2007, p. 23).

A extração mineral se constitui como uma atividade econômica considerada efetiva ou potencialmente poluidora e que, sob qualquer forma, pode causar degradação ambiental. Nesse contexto, é essencial a adoção de medidas geoconservacionistas de parte dos elementos da geodiversidade, principalmente em áreas afetadas por mineração que tenham patrimônio geológico associado.

A Deliberação Normativa COPAM Nº 127, de 27 de novembro de 2008, estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação ambiental da fase de fechamento de mina, define que a reabilitação ambiental de área impactada por atividade minerária é um processo que deve ser executado ao longo da vida do

empreendimento, de forma a garantir à área impactada uma condição estável, produtiva e autossustentável, com foco no uso futuro, valorizando o bem-estar individual e comunitário.

Durante o I Seminário Internacional de Reconversão de Territórios, realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidad Bio Bio e a Rede Sustentible del Espacio Minero (REUSE), se utilizou a nomenclatura “reconversão” para se referir a qualidade ambiental e socioeconômica de antigos territórios minerários e industriais. Nesse sentido, prevê, além da reabilitação dos aspectos físicos, a reconstrução da identidade local em face de alterações culturais e territoriais advindas da mineração; os impactos socioeconômicos advindos do fechamento das atividades industriais e minerárias; indicadores socioeconômicos e urbanos; e instrumentos de ordenamento territorial para sua recuperação.

Esse tipo de proposta se refere a uma nova conformação de áreas já não mais utilizadas por empreendimentos, e em especial, áreas de antiga mineração. Cabe ressaltar que cada caso deve ser analisado de acordo com as características físicas, históricas e socioeconômicas locais. Em alguns lugares interessa somente a restauração física, podendo criar, por exemplo, áreas recultivadas, regiões agrícolas, reflorestamento, áreas urbanas, construção civil e, para as áreas remanescentes das cavas, a inundação criaria lagos e corpos d’água artificiais. Já as instalações industriais dariam lugar a novos usos ou seriam demolidas, excluindo da paisagem reminiscências da mineração (Internationale Bauausstellung, 2010b).

Verificam-se, ainda, propostas que incluem o resgate da memória minerária e industrial, como é o caso de Lusatia (Alemanha), onde estava instalada uma mineração de linhito. Essa transformação da paisagem incluiu o reconhecimento de um patrimônio industrial, incentivando a preservação e reutilização de exemplos da história industrial da região, testemunho da sua historicidade, conferindo identidade à região. Nesse contexto, foi proposta a abertura de áreas ainda em operação para visitas ao público em geral, especialmente para estudantes e pesquisadores interessados no processo produtivo.

Essa concepção entende que a construção de parcerias entre a comunidade, governo e entidades privadas possibilitará o melhor aproveitamento desse tipo de região em termos de uso turístico, qualidade de vida e lazer, trazendo novas oportunidades para o desenvolvimento regional e econômico, com novas

possibilidades de negócios (ACCIOLY, 2012). Assim, trabalhos de reconversão têm proposto alternativas de criação de emprego e recuperação econômica de antigos territórios minerários e industriais.

A mineração e a geoconservação são, em princípio, excludentes, uma vez que a primeira é necessariamente modificadora do meio original, enquanto que a segunda é preservacionista, em geral. Apesar de serem ainda incipientes os exemplos brasileiros que conciliem essas atividades, podemos citar os trabalhos de Gesicki & Santucci (2011), que evidenciou o estudo de caso de proteção de um sítio paleontológico em uma área de mineração ativa de calcário em Santa Rosa de Viterbo, interior do Estado de São Paulo. O objetivo deste trabalho foi demonstrar ser viável a implantação de medidas de geoconservação em áreas onde a mineração está em plena atividade.

Já em âmbito internacional, este tema se encontra mais avançado, principalmente em Portugal. Como exemplo, pode-se citar o caso do Geoparque Arouca, onde existia uma mineração de ardósia, utilizada para revestimento. Neste ambiente, e em continuidade com a lavra, foi encontrado e preservado um sítio paleontológico com ocorrência de exemplares excepcionais de trilobites paleozóicos gigantes (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2009).

Para promover e impulsionar iniciativas de conservação dos elementos da geodiversidade, uma etapa fundamental é o aprimoramento das etapas teóricas e metodológicas para a quantificação ou o cálculo da geodiversidade, o entendimento dos seus diferentes tipos de valores, sua distribuição e apontamentos sobre pontos e áreas de relevante interesse (MANOSSO & ONDICOL, 2012).

2.4. A Geodiversidade e sua quantificação

Desde os anos 1990 os estudos geoambientais vêm se consolidando no Brasil, e em especial os mapeamentos, que tem aprimorado as metodologias aplicadas bem como aumentado a diversidade de enfoques. Neste contexto merece destaque a modelagem espacial dinâmica na análise da geodiversidade, seja para avaliação de sua distribuição espacial, sua influência ou quantificação.

As pesquisas de Xavier da Silva (2001; & CARVALHO FILHO, 2001; *et al.* 2001) têm utilizado o módulo do Sistema de Análise GeoAmbiental do SAGA/UFRJ, denominado “Assinatura Ambiental”, para realizar planimetrias dirigidas. Os Indicadores de Geodiversidade representam a variabilidade presente em determinada

área de estudo, e é analisada pelos seguintes Índices de Geodiversidade: Específica, Específica de Posição, Múltipla, Múltipla de Posição, Múltipla Ponderada e Múltipla Ponderada de Posição.

Exemplo de iniciativa relacionada à geodiversidade por parte do poder público é o Atlas Geoambiental e de Processos Erosivos da Zona Costeira do Estado da Bahia. Dominguez (2006) inventariou os ambientes e ecossistemas da zona costeira e os representou em mapas na escala de 1:50.000. Foram utilizadas informações relativas à geologia, geomorfologia, ambientes de deposição e os processos ativos atuantes na zona costeira para geração de um modelo de evolução para a zona costeira e, modelos de resposta geomorfológica da zona costeira às mudanças globais no clima e no nível relativo do mar.

Conforme ressaltado, o tema de reconversão de territórios é ainda recente no Brasil, apresentando poucos estudos que utilizem as geotecnologias para a proposição de recuperação de áreas pertencentes às antigas minas.

Um trabalho que se aproxima da temática sobre recuperação de áreas mineradas é o de Moura (2007). Neste, foi realizada uma simulação de intervenção na paisagem, através de cartografia digital 3D e navegação virtual, da mina do Pico – Itabirito, área de exploração mineral da MBR – Minerações Brasileiras Reunidas – simulando as possibilidades de recuperação da área minerada. O Pico do Itabirito, tombado pelo IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico – como Patrimônio Artístico era referência de localização para os primeiros desbravadores do território mineiro.

Em 2007, Serrano & Ruiz-Flaño apresentaram uma metodologia de quantificação dos parâmetros da geodiversidade considerando a variabilidade dos elementos abióticos (topografia, geologia, geomorfologia, hidrologia e solos) em Tiermes Caracena (Soria), na Espanha. Neste trabalho, foi desenvolvido e aplicado um índice para avaliação, em nível local, da geodiversidade a partir da delimitação de unidades geomorfológicas. Os autores propuseram um algoritmo matemático no qual o índice de geodiversidade equivale ao número de elementos físicos de determinada área multiplicado pela sua rugosidade. Seu resultado é dividido pelo logaritmo natural da área com o intuito de normalizar o índice, o que possibilita a aplicação deste método em áreas de diferentes tamanhos.

$$Gd = Eg R / \ln S$$

Onde: Gd = Índice de Geodiversidade; Eg = Número de elementos físicos (geomorfológicos, hidrológicos, solos) diferentes existentes na unidade; R = Coeficiente de rugosidade da unidade; S = Superfície da unidade (km²).

Para a análise multitemporal do baixo curso do rio Piranhas-Assu, Grigio (2008) utilizou modelos de simulação, tendo como base a determinação de diversos índices de geodiversidade múltipla, para conhecer e estudar a dinâmica de uso e ocupação do solo da área em questão, além de realizar projeções futuras.

Em relação à influência da geodiversidade, o estudo de Lana (2011) propõe identificar, via sensoriamento remoto, um patamar morfológico de expressão regional ao longo da bacia do rio Jequitaí. Para tanto, foram gerados modelos digitais de elevação (MDE), que por si só permitem a análise morfológica da bacia, além de modelos de declividade.

Uma importante contribuição que utiliza a modelagem para elucidar o potencial educativo e cultural da geodiversidade foi publicado por Russ (2012). Nesta pesquisa, o objetivo foi modelar espacialmente os potenciais educacionais da Manga do Céu – BA, considerando seu recorte histórico, ambiental, de memória (patrimônio garimpeiro) e o olhar escolar.

Outro trabalho que tece considerações sobre a quantificação da geodiversidade é o de Manosso & Ondicol (2012). Este trabalho objetiva apontar os principais aspectos convergentes entre a geodiversidade e a biodiversidade, atentando-se para as relações amostrais em cada caso, distribuição espacial, riqueza de diversidade e a relação entre índice de geodiversidade e patrimônio geológico.

Em relação à modelagem aplicada à reconversão de territórios, um estudo que se aproxima dessa temática é o publicado por Sanchez Rial (2012). A intenção desse estudo é estabelecer as bases de um modelo de dados públicos de sítios mineiros que inclua um sistema de informações sobre esses sítios e sua possibilidade de reutilização. Essa etapa é primordial para a modelagem de diagnósticos da condição da área a fim de possibilitar seu uso futuro.

Os estudos de Pereira *et al.* (2013) objetivaram quantificar a geodiversidade da Área de Proteção Ambiental APA-SUL da Região Metropolitana de Belo Horizonte –

MG, por meio do cálculo de índices, contribuindo para gestão territorial, além de analisar, descrever e classificar a geodiversidade da área de estudo.

Os trabalhos de modelagem direcionados a geodiversidade e a geoconservação podem ser desenvolvidos utilizando diferentes métodos, além de contribuir para a ordenação do território e para tomada de decisão. Neste contexto merece destaque o método de avaliação por multicritérios que permite uma análise conjunta e integrada de diferentes variáveis.

2.5. O método de avaliação por Múltiplos Critérios – Análise de Decisão

Os métodos de análise que têm como fundamento a utilização de múltiplos critérios vêm se consolidando como uma forma interessante na resolução de questões complexas e heterogêneas nos mais diversos contextos. Pesquisadores, de áreas bastante diferentes, têm utilizado análises desse tipo como suporte para tomada de decisão que engloba a combinação de variáveis que contribuem para determinado fenômeno de forma distinta. Muitas vezes este método é usado em conjunto com outros métodos de modelagem.

A análise multicritério é resultado da ponderação da técnica de álgebra de mapas, que contemplam operações tanto no sentido cartográfico e espacial, quanto matemático. Para Câmara *et al.* (2005):

[...] o termo “Álgebra de Mapas” foi cunhado por Tomlin (1990), para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (CÂMARA *et al.*, 2005, p. 488).

Para Vilas Boas (2006), as abordagens multicritérios são maneiras de modelar os processos de decisão que abrangem: uma decisão, os eventos desconhecidos que podem afetar os resultados, os possíveis cursos de ação e os próprios resultados. Estes modelos refletem, de maneira suficientemente estável, o juízo de valores dos decisores.

Segundo Ramos (2000), um critério indica uma condição passível de quantificação ou avaliação, que contribui para a tomada de decisão. Os critérios

podem ser exclusões ou fatores, sendo que o primeiro que restringe as alternativas consideradas na análise, enquanto que o último agrava ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo proposto. Neste sentido, é fundamental definir a importância relativa de cada critério, que é realizada pela atribuição de peso.

Apesar de ter sido desenvolvida de forma significativa na década de 1960, na aplicação de questões voltadas para a economia e produtividade de empresas (GONÇALVES, PINHEIRO e FREITAS, 2003), a análise multicritério foi difundida para estudos sociais, urbanos, ambientais, entre vários outros. Pesquisas geográficas, de diferentes ramos, têm sido desenvolvidas com o emprego desse tipo de técnica, aliada ao uso de geotecnologias, que requerem a análise espacial do fenômeno a ser estudado. Segundo Moura (2007a):

“O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.” (MOURA, 2007a:2900)

Para a autora, a ponderação deve ser feita por "*knowledge driven evaluation*", ou seja, por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou por "*data-driven evaluation*" que se refere ao conhecimento prévio de situações semelhantes. Os modelos de "*knowledge driven*" incluem o uso da lógica booleana, média ponderada, lógica fuzzy, e teoria da crença de *Dempster-Shafer* (Bonham-Carter, 1994).

Ainda de acordo com Moura (2007a), a análise de multicritérios, também chamada de Árvore de Decisões ou Análise Hierárquica de Pesos, é pautada no mapeamento das variáveis por camada de informação e no grau de pertinência de cada um dos seus componentes de legenda, com o emprego da *Média Ponderada* ou da lógica *fuzzy* para atribuição de pesos e notas.

A técnica *fuzzy* tem sido extensamente utilizada em trabalhos de inferência espacial desenvolvidos em SIG's, principalmente em estudos que envolvem problemas complexos, como os processos naturais. Diferentemente das modelagens convencionais, nas quais os especialistas devem definir regras dicotômicas rígidas, e muitas vezes artificiais (ou existe, ou não existe), a lógica *fuzzy* possibilita a habilidade de articular, de modo eficiente, soluções para problemas cujas variáveis apresentam vários contatos (MOREIRA, CÂMARA, e ALMEIDA FILHO, 2001).

A lógica *fuzzy*, também chamada de nebulosa, permite lidar com conceitos imprecisos, que provém de avaliações e intuições humanas, se aproximando de situações reais a partir de classificações de acordo com graus de pertinência. Segundo Bonham-Carter (1994, p. 291) ela é definida por: "Em uma teoria clássica, o grau de membro em um conjunto é definido como falso ou verdadeiro. O grau de membro em um conjunto Fuzzy, contudo, é expresso por uma escala contínua que vai de 1 (maior grau de membro, maior pertinência) a 0 (menor pertinência)."

Primeiramente, é necessária a seleção e representação das variáveis condizentes do fenômeno a ser estudado, discretizadas em planos de informação com resolução espacial adequada. Posteriormente, deve ser realizada a combinação das mesmas para que representem, da forma mais próxima possível, a realidade do fenômeno.

A Figura 1 traz o exemplo da organização de uma combinação de matrizes com a atribuição de pesos para cada matriz ou variável e notas para cada componente de legenda das matrizes.

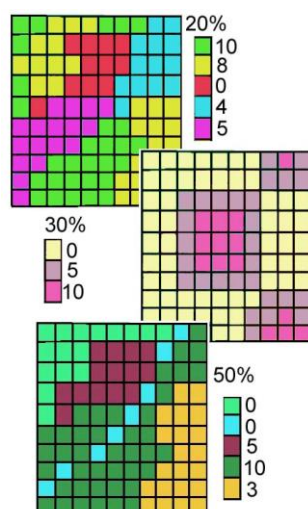


Figura 1: Construção de mapas na forma de matrizes e atribuição de pesos para as camadas e notas para os componentes de legenda (Moura, 2009:6).

Alguns estudos aprofundaram na exploração dessa ferramenta, como os de Moura, Magalhães e Parizzi (2011) que, além de identificar áreas prioritárias para o

interesse ambiental e para a expansão da ocupação urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte, as comparou de modo a identificar vocações e conflitos de interesse na ocupação do território. Moura (2002) e Silva e Moura (2012) também objetivaram compreender e caracterizar a paisagem cultural e ambiental do município de Ouro Preto – MG, identificando áreas de interesse ambiental e urbano, bem como a do confronto de interesses dos diferentes agentes que transformam o território. A metodologia do trabalho de Zyngier e Moura (2012) se respaldaram em Análise Multicritérios, e identificação de vocações e conflitos de interesse para comparar diferentes coleções de parâmetros urbanísticos e formas de ocupação do território.

3) CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1) Aspectos Físicos

3.1.1) Geologia

As unidades estratigráficas regionais integram a Província da Mantiqueira, como descrito por Hasui & Oliveira (1984, *in* Souza & Santos, 1999), destacando o embasamento e os Grupos Andrelândia, São João Del Rei e Carrancas.

Conforme descrito por Ribeiro & Heilbron (1982), o embasamento é formado por biotita gnaisses tonalíticos bandados, como gnaisses migmatíticos intensamente deformados. As faixas de xisto verde, anfíbolitos, xistos ultramáficos, filitos, granodiorito e gnisses também fazem parte do embasamento e, de acordo com Pires (1978, *in* Ribeiro & Heilbron, 1982), constituem o Grupo Barbacena.

O Grupo Andrelândia é formado, essencialmente, por quartzitos, filitos, xistos grafitosos, localmente com biotita, muito semelhantes ao Grupo Carrancas, e biotita xistos, semelhantes à rocha do Grupo São João Del Rey (Ribeiro & Heilbron, 1982).

O Grupo Carrancas é dividido em duas unidades litoestratigráficas: as Formações São Tomé das Letras e Campestre (Trouw *et al.* 1980, *in* Ribeiro & Heilbron, 1982). Esta última caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos ou xistos grafitosos, já a primeira é marcada por quartzitos com mica esverdeada.

A Formação São Tomé das Letras tem como principal tipo litológico quartzito micáceo formado, em sua essência, por quartzo, mica esverdeada, turmalina preta, magnetita, ilmeno-magnetita, e hematita (Ribeiro & Heilbron, 1982).

Trouw *et al.* (1984) propuseram uma coluna tectono-estratigráfica para a área de São Thomé das Letras, da maneira que é apresentada na Figura 2.

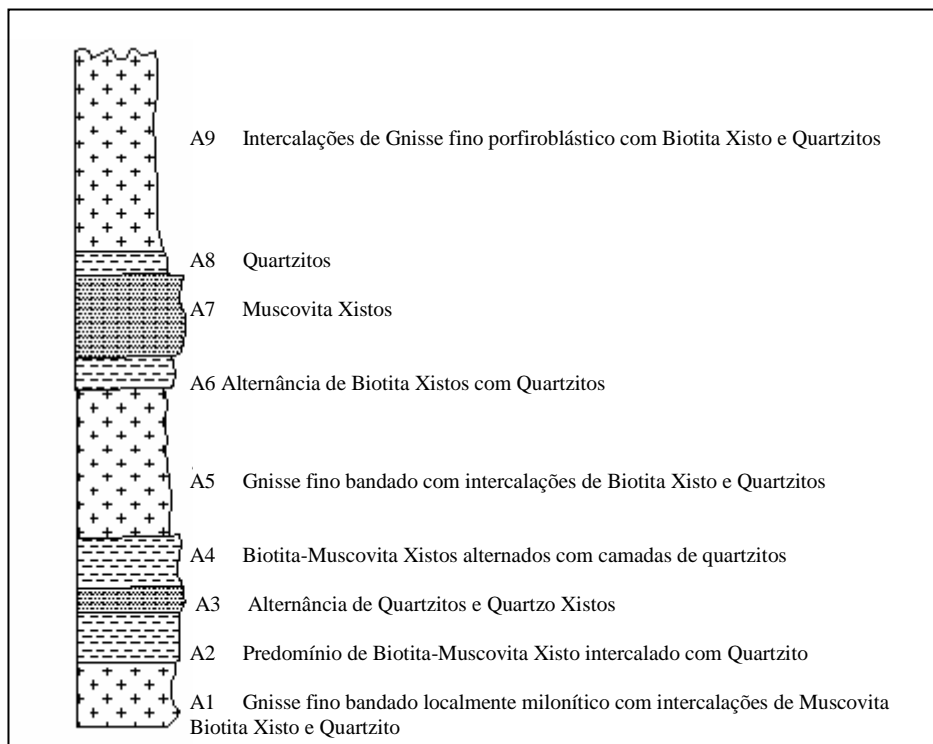


Figura 2: Coluna tectono-estratigráfica da área de São Thomé das Letras (MG) (TROUW, 1984).

De acordo com os estudos de Souza & Santos (1999) a geologia estrutural da região de São Thomé das Letras apresenta forte foliação paralela ao acamamento dos quartzitos, com direção aproximada de $315/20^{\circ}$. Além disso, a lineação mineral é oblíqua ao mergulho das camadas, com caimento para SW ($230/5^{\circ}$ a $250/5^{\circ}$), e indica transporte tectônico de WSW para ENE.

Conforme ressalta Melo (1991) os quartzitos de São Thomé das Letras apresentam grande quantidade de fraturas, com direções que variam de N75E/subvertical. A presença marcante dessas fraturas pode propiciar o amolecimento da rocha em profundidade, visto que atingem grandes extensões e facilitam a percolação da água.

Em relação à produção mineral, Fernandes *et al.* (2003) afirmam que abrangeram duas áreas assim denominadas: *São Thomé das Letras* (Área I), constituída pelas variedades de quartzitos (Branco, Amarelo e Róseo); *Luminárias* (Área II), com variedades de quartzitos (Luminárias, Carrancas e Carranquinha), conforme apresentado na Figura 3.

Esses quartzitos situam-se na denominada Faixa Alto Rio Grande, representados por um pacote de rochas supracrustais que compreende o Grupo Andrelândia (ALMEIDA & HASUI, 1984 *apud* FERNANDES *et al.*, 2003). Do topo para a base, esse conjunto litológico é descrito por micaxistos claros com muscovita,

granada, cianita, estauroлита e rutilo; micaxistos escuros, ricos em biotita, plagioclásio e, geralmente, com granada; quartzitos puros e/ou com muscovita, cianita e granada e metarcóseos listrados com camadas de biotita.

Os quartzitos do município, comercialmente chamados de pedra são tomé, são Brancos, Amarelos e Róseos, predominantemente. Ainda de acordo com as pesquisas de Fernandes *et al.* (2003), a diversidade de coloração desses subtipos é marcante e ocorre verticalmente e lateralmente através de contato brusco, inviabilizando uma padronização de um único tipo. Os quartzitos Brancos predominam nas explorações, os Amarelos correspondem aos níveis superiores das jazidas, mais susceptíveis aos processos de alteração devido à percolação de águas meteóricas e os Róseos ocorrem nas extremidades da frente de lavra (Figura 3).

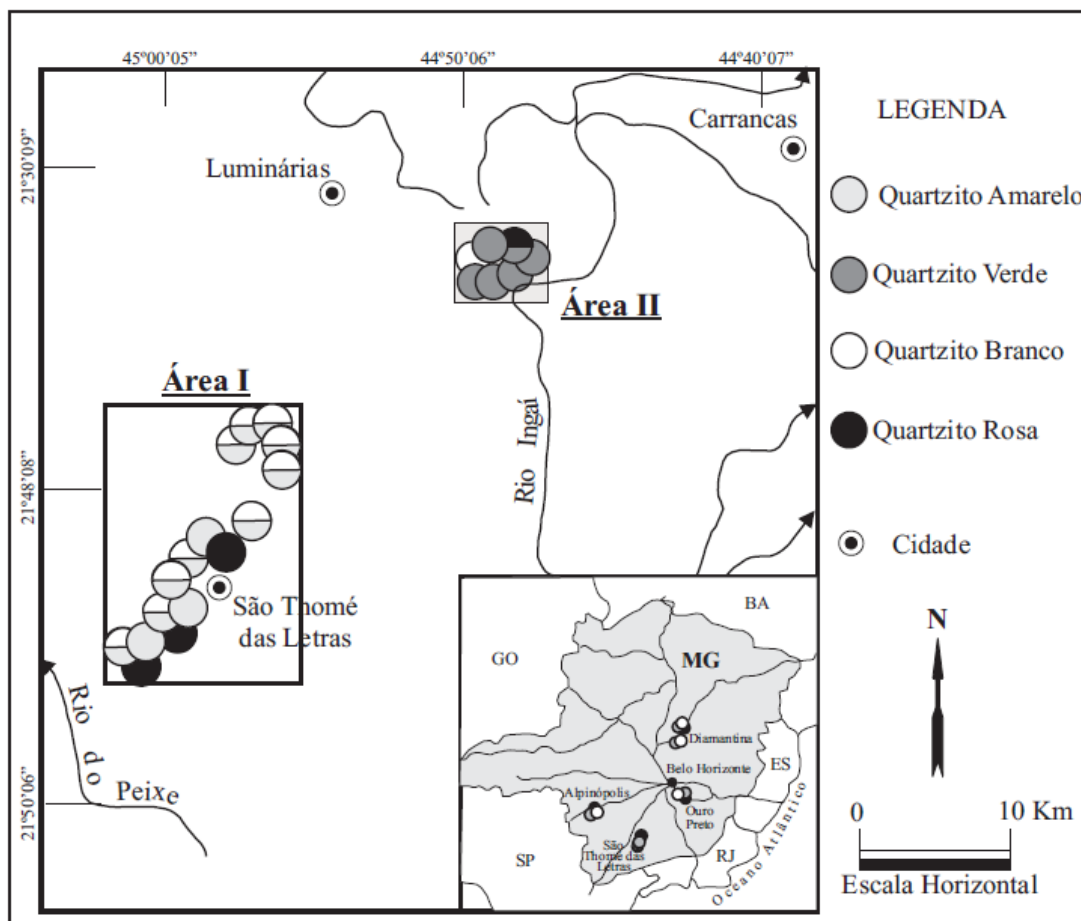


Figura 3: Mapa de localização das áreas dos Quartzitos de São Thomé das Letras (Fernandes *et al.* (2003))

3.1.2) Geomorfologia

As áreas do sul de Minas Gerais, formadas pela borda sul do Cráton do São Francisco e faixas Brasília e Ribeira (Figura 4), segundo Hackspacher *et al.* (2007), são exemplos de extensos planaltos soerguidos em relação ao nível do mar (Planalto Atlântico). Estes autores definem a paisagem como um relevo montanhoso com compartimentos topograficamente deprimidos e muitas vezes soerguido e escalonado. A evolução dessa paisagem associa-se às deformações na litosfera durante o Fanerozóico, devido ao vínculo reconhecido entre as anomalias térmicas obtidas pela análise de traços de fissão, amplitude do relevo e o arcabouço geológico.

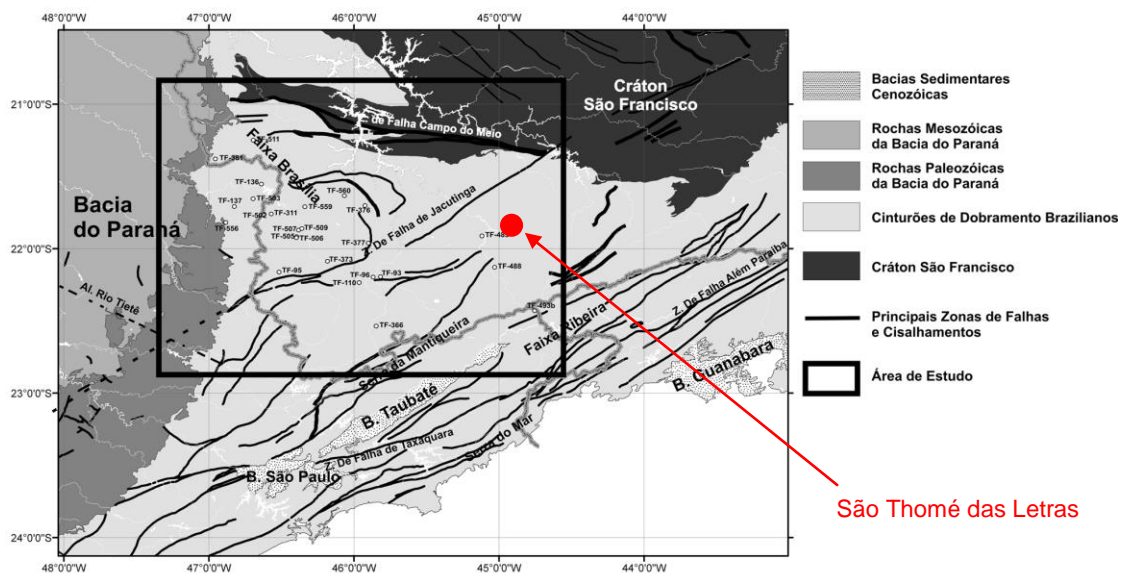


Figura 4: Situação da geomorfologia do sul de Minas Gerais (modificado de Hackspacher *et al.* 2006).

O relevo da área de estudo segue um padrão montanhoso intercalado com terrenos arrasados. Os terrenos montanhosos são compostos por pacotes quartzíticos proterozóicos, representados pelas serras de São Thomé e do Grotão, ou Cantagalo, enquanto que as poções arrasadas apresentam uma sequência pelito-arenosa, de menor competência litológica, vulneráveis às ações intempéricas (SOUZA & SANTOS, 1999).

Cabe ressaltar que se registram cotas superiores a 1.415 metros, apesar de serem notáveis as áreas arrasadas no topo da serra, consequência da intensidade dos processos erosivos e aplainamento da mesma. De acordo com o trabalho de Deschamps (2002), a porção sudeste da serra apresenta um relevo escarpado, com a presença de linhas de falha, enquanto que a vertente noroeste apresenta relevo

relativamente moderado, com declividades moderadas. Morfologicamente, pode-se dizer que esta serra se assemelha a uma *cuesta*, de perfil dissimétrico, com suave mergulho de camadas, aproximadamente 15°, de atitude homoclinal, e um *front* escarpado na vertente oposta.

Esta feição, bem como outras semelhantes da região, revela vestígios de processos erosivos datados de períodos paleoclimáticos diversos após sua estruturação tectônica. Os ciclos erosivos de clima seco resultaram em superfícies aplainadas, já as dissecações do relevo correspondem à paleoclimas úmidos e ao atual sistema de drenagens.

As serras de São Thomé e de Cantagalo são os elementos mais marcantes na paisagem, devido à sua geomorfologia, e chegam a atingir uma altitude de 1.420 metros. Entre essas duas serras, ambas com formações no sentido NE-SW, forma-se um vale, apresentando altitudes entre 1.130 e 1.230 metros. Na porção sudeste do município, são encontradas as cotas medianas, sendo que a noroeste percebe-se o relevo de menores altitudes (Figura 5).

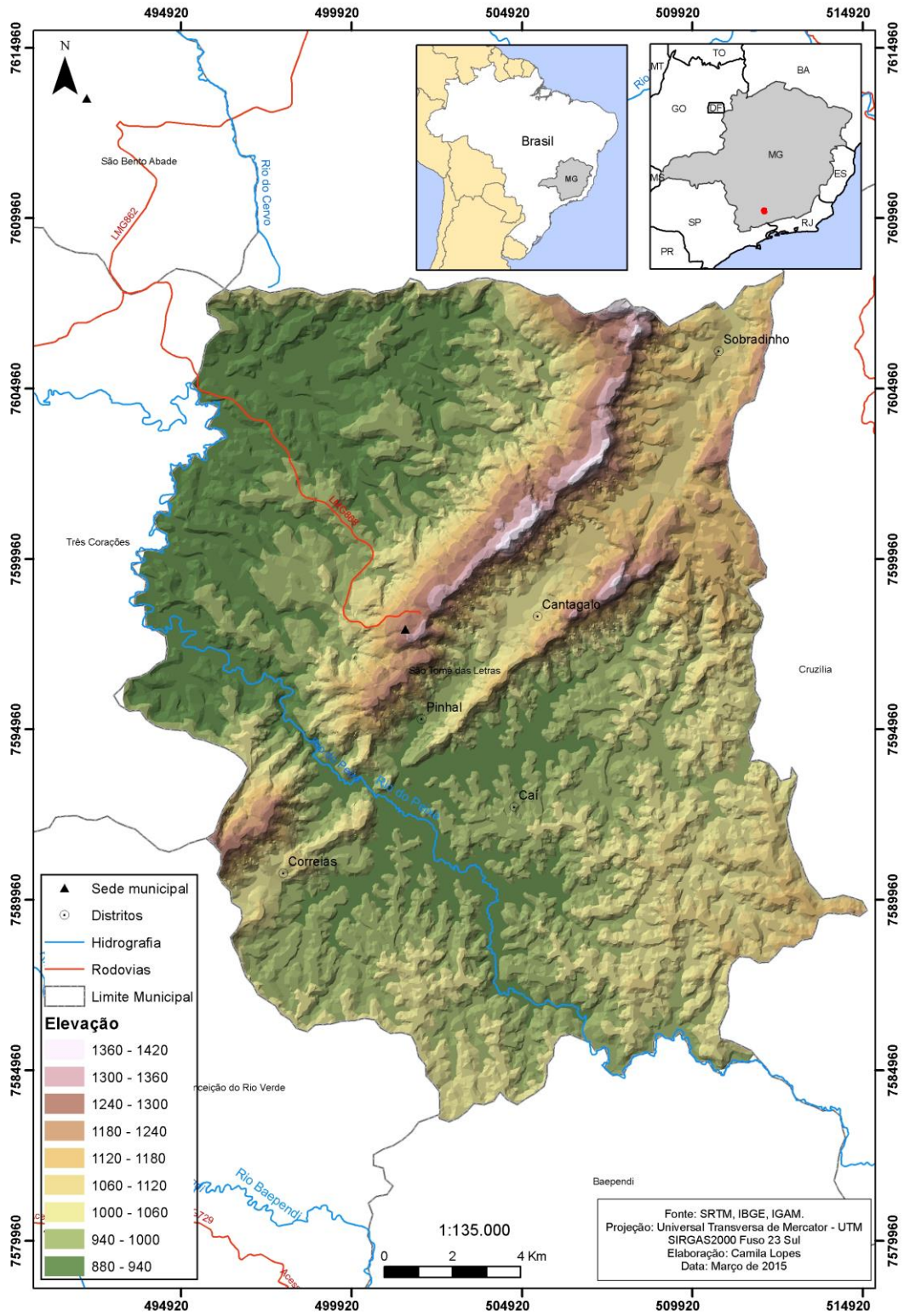


Figura 5: Mapa hipsométrico

Em relação à declividade, os estudos do Instituto de Geografia Aplicada - IGA apontavam, já em 1982, que as áreas junto às serras apresentavam declividade elevada e deveriam ser preservadas. Apesar de se configurarem áreas frágeis, onde predominam os processos erosivos em decorrência dos deposicionais, é onde há registro das poligonais de exploração mineral, segundo os dados do DNPM. As declividades médias se concentram no sudeste do município, onde a utilização do solo para atividade agrícola é mais evidente, como mostra a Figura 6. Por fim, as declividades inferiores a condizem com as planícies dos rios e com as áreas destinadas à construção de estradas.

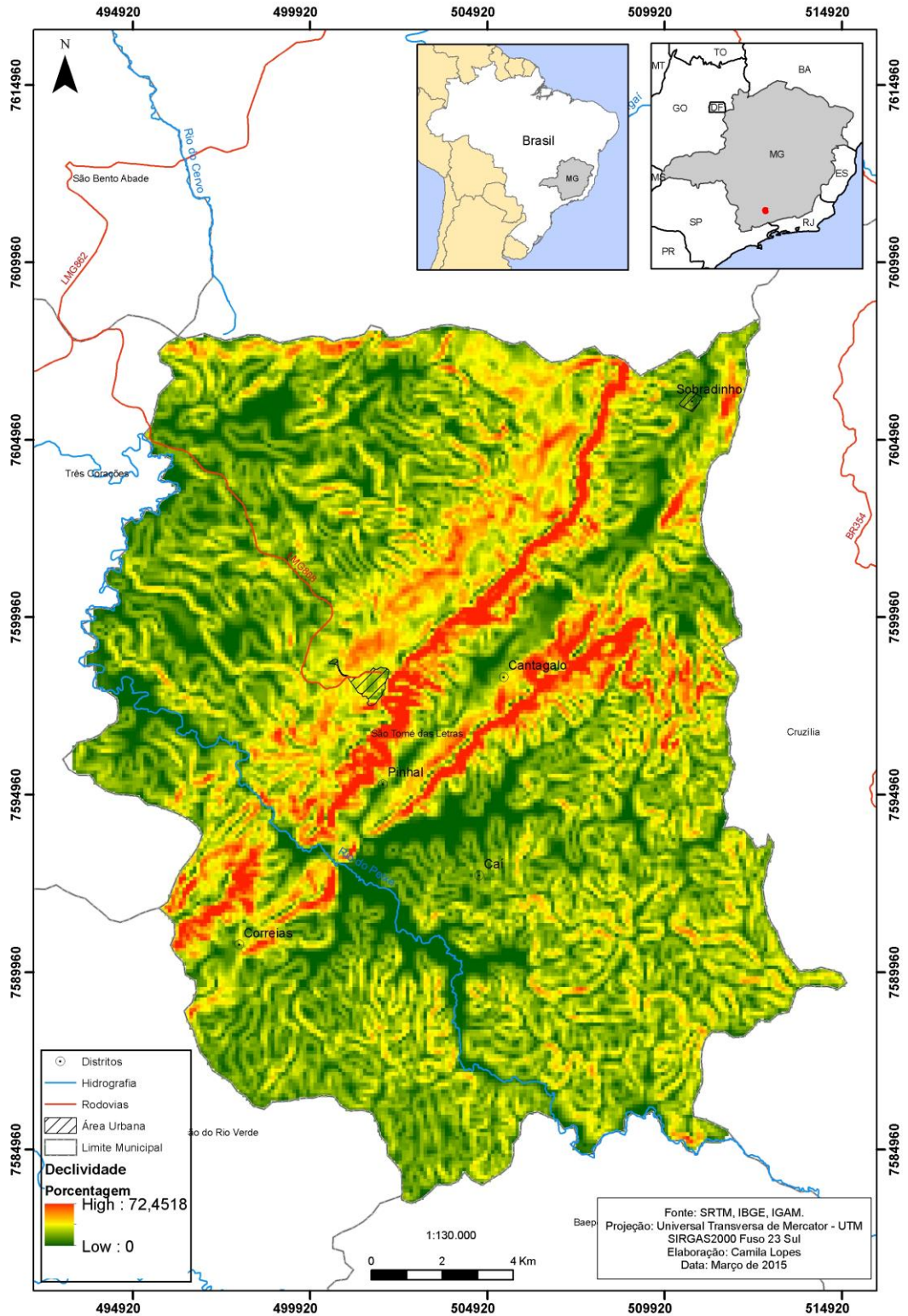


Figura 6: Mapa de Declividade

Em escala mais detalhada, os estudos de Marques Neto (2007) contribuem de forma significativa para a determinação de unidades de paisagem para o município de São Thomé das Letras (MG), no estudo da evolução morfológica da área e na apreciação de aspectos morfotectônicos (Figura 7). Antecedeu a diferenciação de tais unidades a edição de uma carta geomorfológica para a área de estudo, corroborando a importância da análise do relevo para o estabelecimento de unidades de paisagem.

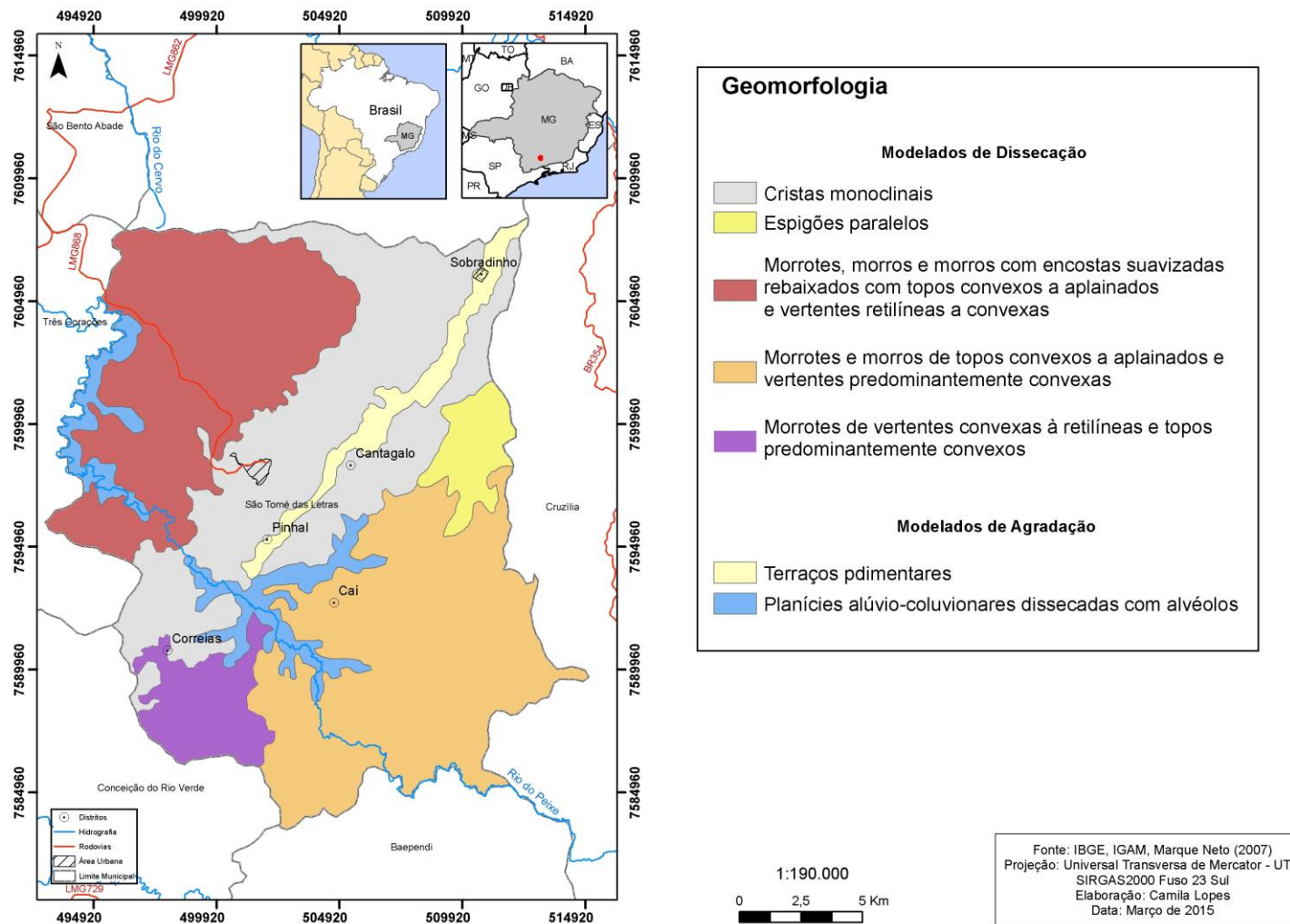


Figura 7: Compartimentação do meio físico de São Thomé das Letras - MG

3.1.3) Solos

Além dos aspectos já explicitados, a variedade dos tipos de solo também será considerada na análise do Índice de Geodiversidade. O mapeamento edáfico a ser utilizado foi disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), entidade que faz parte do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) (Figura 8). Este mapeamento é resultado das ações desenvolvidas dentro do Projeto “Banco de Solos do Estado de Minas” que faz parte do Programa Solos de Minas, uma das ações do Projeto Estruturador “Resíduos Sólidos” (Figura 8). Os levantamentos foram elaborados em parceria com as Universidades Federais de Viçosa, Lavras e Ouro Preto, além da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

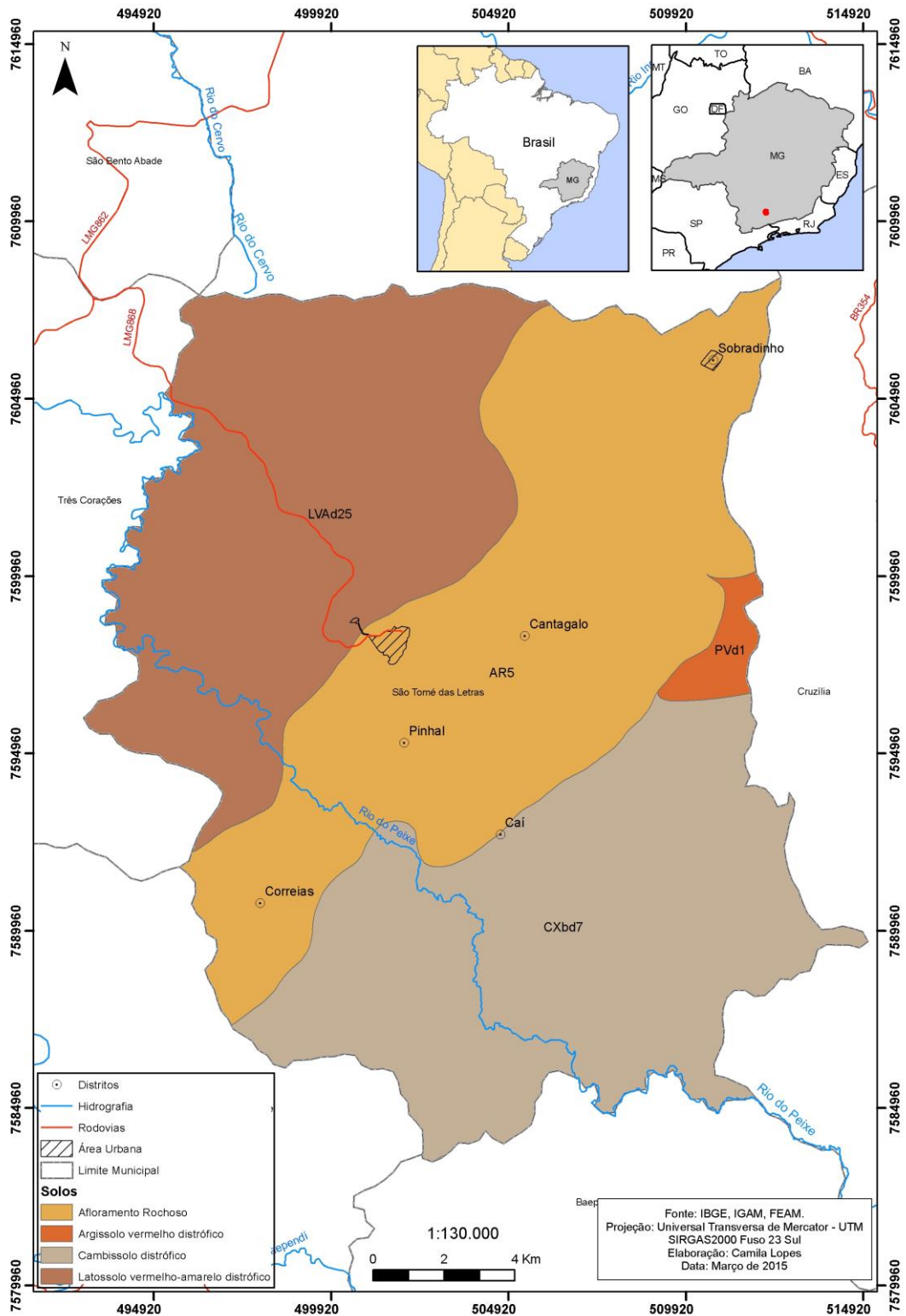


Figura 8: Mapa Pedológico

3.1.4) Hidrografia

São Thomé das Letras pertence à bacia hidrográfica do rio Paraná, em âmbito nacional, e à bacia do rio Grande, de acordo com a divisão de bacias hidrográficas estaduais. O extremo nordeste do município pertence à sub bacia do Alto rio Grande, cuja principal drenagem é o ribeirão Lavarejo que corta o perímetro urbano do distrito de Sobradinho. A outra sub bacia a qual pertence o município é a do rio Verde, cujos principais rios drenam para oeste, quais sejam os ribeirões Vermelho e Cantagalo, e os rios Cai e do Peixe (Figura 9).

Na área de exploração mineral de São Thomé das Letras, os cursos d'água drenam, prioritariamente, para noroeste da serra de São Thomé, os quais se destacam os córregos do Carimbado, Engenho, Enchovia, Cana-Bambu, Laranjeira e Goiabeira. Todos desembocam no ribeirão do Forte, tributário direto da margem direita do rio do Peixe.

Este último, mais caudaloso, drena desde o sul de São Thomé das Letras onde se localiza o município de Baependi, passando pelo sudoeste do município, até a divisa com Três Corações, que se situa na porção leste da área em estudo. O rio do Peixe é afluente de primeira ordem do rio Verde, que deságua no rio Grande e, por sua vez, contribui diretamente para o lago da represa de Furnas.

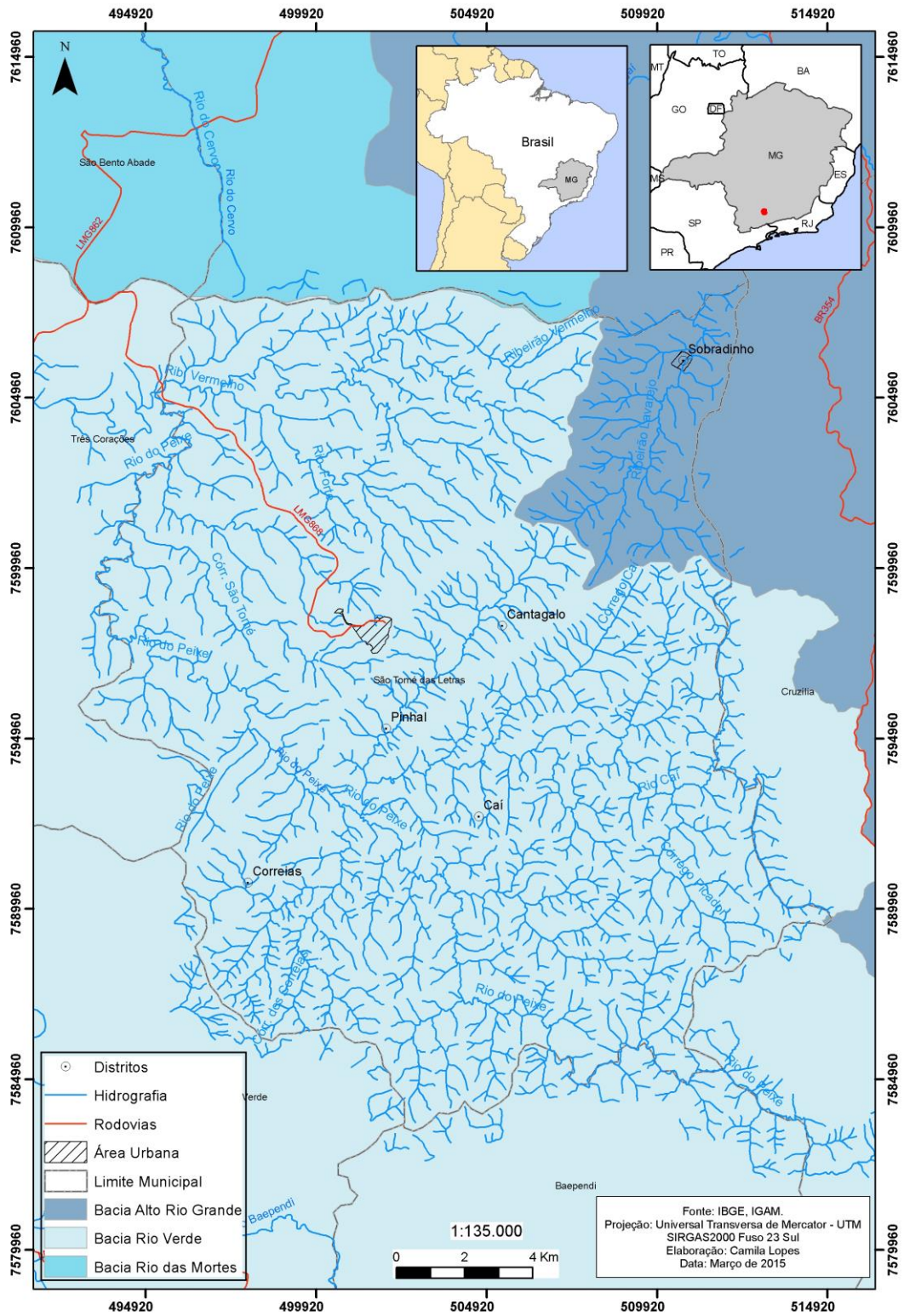


Figura 9: Mapa hidrográfico

3.1.5) Clima

De acordo com Nimer (1989), a região é classificada no tipo climático designado tropical mesotérmico brando, semiúmido. Este clima é típico em áreas elevadas do sul de Minas Gerais que, portanto, sofrem influência orográfica, apresentando temperaturas amenas, e média anual variando entre 18° e 19° C. De maneira geral, o verão é ameno e não apresenta temperatura média superior a 22° C, apesar de se constatarem invernos com temperaturas variando entre 10° e 15° C.

Em relação ao balanço hídrico, Nimer & Brandão (1989) consolidam dados da estação meteorológica de Caxambu, que é a mais próxima do município em estudo, cujos parâmetros constam na Tabela 1. Constataram-se duas estações distintas, uma chuvosa entre os meses de novembro e março, e outra seca entre maio e setembro, com déficit hídrico entre junho e agosto.

Tabela 1: Dados climáticos

Precipitação Média Anual (P)	1403,7 mm
Evapotranspiração Potencial (EP)	867 mm
Precipitação Efetiva (PEF = P - EP)	537 mm
Evapotranspiração Real (ER)	824 mm
Excedente Hídrico (EXC = P - ER) nov - mar	580 mm
Déficit Hídrico (DEF = ER - EP) abr - set	43 mm

Na circulação atmosférica da região, em mesoescala, predominam ventos do Anticiclone do Atlântico Sul com comportamentos diferentes ao longo do ano. Durante o primeiro semestre do ano, os ventos possuem velocidade média de 1,8 m/s com orientação nordeste, variando para leste com direção secundária nordeste durante o inverno seco, entre junho e agosto. Já entre os meses de setembro e dezembro, a velocidade média aumenta para 2,2 m/s, com direção dos ventos mais variável entre o norte e o leste.

3.2) Aspectos Bióticos

3.2.1) Flora

De acordo com a classificação de Rizzini (1979), o município de São Thomé das Letras está inserido no domínio morfoclimático do Atlântico, caracterizado pela Floresta Estacional Semidecidual Montana, o mesmo que Floresta Tropical Mista Subcaducifolia, que originalmente cobria grande parte da região, segundo Veloso *et al.* (1991).

As áreas de predominância da vegetação nativa estão localizadas na porção nordeste do município e se posicionam no sentido NE-SW, onde ocorrem as principais serras e feições de maior altitude. Deschamps (2002) ressaltou que a formação vegetal original já se encontrava bastante descaracterizada, restando enclaves florestais apenas em áreas destinadas à Reserva Legal ou aquela de mais difícil acesso.

A cobertura presente no restante do município constitui-se de manchas de Campo Cerrado, ou Savana Gramíneo-Lenhosa, pastagens associadas com culturas permanentes, como o café, culturas anuais, como o milho e o feijão, além dos frequentes afloramentos e da atividade de exploração mineral (Figura 10).

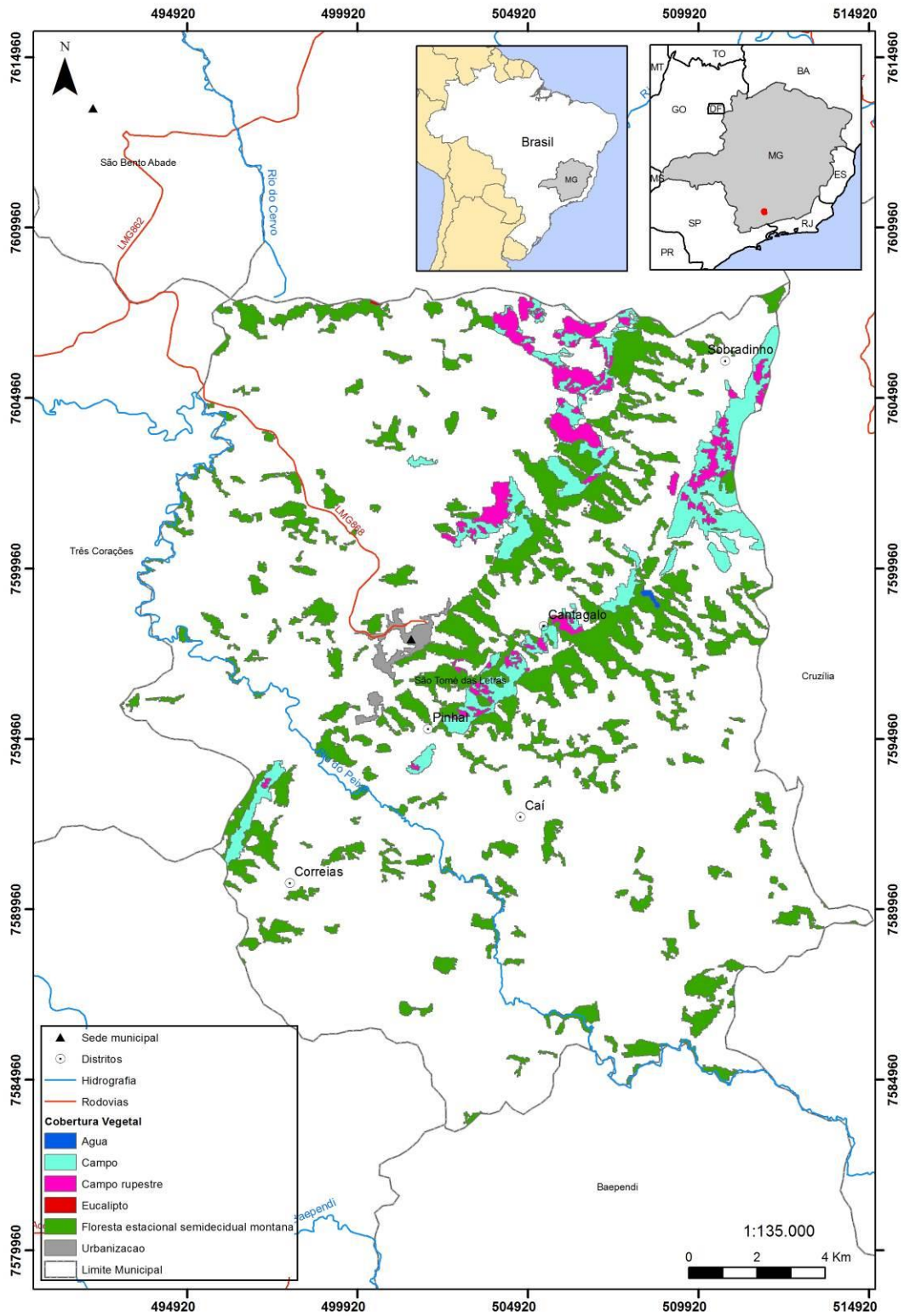


Figura 10: Mapeamento da cobertura vegetal 2009
 Extraído do Geosisemanet (<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/>)

3.2.2) Fauna

Em relação à descrição da fauna presente na região, foram compilados dados publicados pela Fundação Biodiversitas (2005) que indicam áreas prioritárias para sua conservação no estado de Minas Gerais.

São Thomé das Letras é considerado como Área Prioritária para Conservação de Invertebrados, também com potencial importância biológica (Figura 11). A indicação da área é justificada pelo grande número de cavernas quartzíticas com elevada riqueza de espécies e elevado potencial para ocorrência de endemismo, apresentando médio grau de ameaça e de conservação. A Fundação recomenda a expansão de inventários bioespeleológicos na área e criação de Unidades de Conservação, tendo em vista a pressão decorrente dos desmatamentos, da mineração e do ecoturismo. Cabe ressaltar que não há registro desses inventários após 10 anos da recomendação.

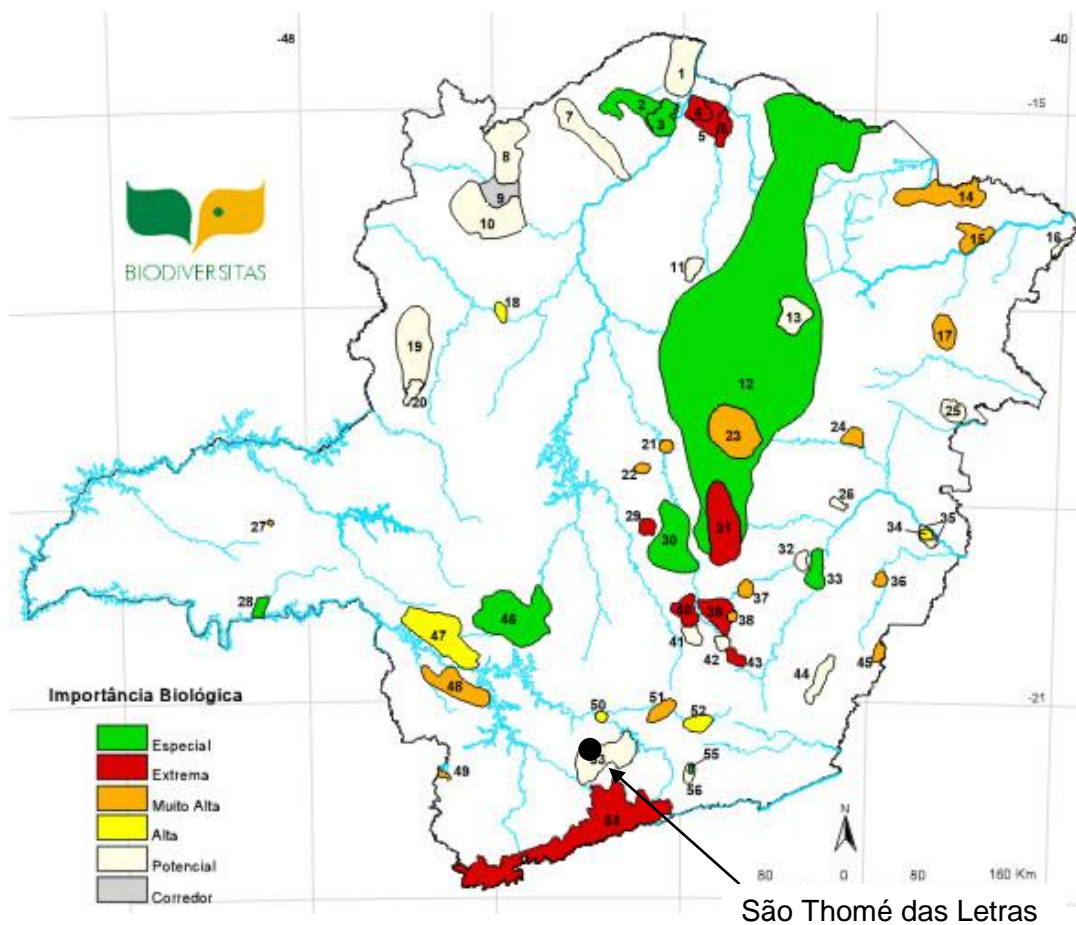


Figura 11: Áreas Prioritárias para Conservação de Invertebrados de Minas Gerais

3.3) Aspectos Socioeconômicos

3.3.1) Processo produtivo da exploração mineral

Na região de São Thomé das Letras-MG a exploração do quartzito como rocha ornamental iniciou-se por volta de 1940 e se tornou a principal fonte de renda e de desenvolvimento econômico da região, configurando-se como fonte de sustento de grande número de pessoas, tanto direta quanto indiretamente. Segundo Deschamps (2002), a economia do município está fundamentada em três atividades principais: o extrativismo mineral, que ocupa até 70% da população ativa, a agropecuária e o turismo.

A exploração da pedra são tomé é tão significativa que sua exportação representa 90% do total das exportações mineiras de quartzitos folheados, segundo a Nomenclatura Comum do MERCOSUL, o que significa a produção de 100 mil toneladas por ano. Mais impressionante ainda é que a exportação representa somente 25% da produção líquida total, alcançando uma produção de 400 mil toneladas por ano (BRASIL, 2012).

Durante muitos anos, a exploração intensiva da mineração de quartzito ocorreu de forma aleatória, resultando num quadro de impactos ambientais e alterações deletérias da paisagem. A ausência de controle ambiental no exercício da atividade resultou na disposição desordenada do material estéril e rejeitos da lavra, dispostos em talvegues e drenagens naturais, que foram assoreadas. Somado a isso, os processos de lavra eram ineficientes, não havendo recuperação das áreas degradadas ou qualquer preocupação com a disposição e eventual aproveitamento econômico dos resíduos, que chegam a representar 90% de todo o material extraído na lavra. Como agravantes, além da sua importância histórica para a região e de ter o turismo como uma importante atividade, a área urbana de São Thomé das Letras encontra-se muito próxima das mineradoras.

Algumas iniciativas por parte do poder público, das empresas mineradoras e da comunidade têm demonstrado interesse em mudar essa situação, conforme levantado pelo Plano de Ação para Sustentabilidade do Setor de Rochas Ornamentais – Quartzito da FEAM. Já existem alguns estudos sobre a atividade minerária no município, bem como seus efeitos sobre a paisagem local, como o Projeto “Pedra São Tomé: Valoração Regional por Meio da Revitalização da Paisagem e da Identidade Cultural”. Alguns, entretanto, precisam ser complementados.

As lavras de quartzito estão alinhadas na direção sudoeste nordeste, com uma extensão de aproximadamente 20 km. As frentes de trabalho estão inseridas na bacia do rio do Peixe, afluente do rio Verde e, de norte para sul são conhecidas como Gavião, Carimbado, passando pelo centro urbano do município está a Coopedra, Chapadão e Paredão.

O escoamento da produção da rocha quartzítica lavrada é realizado por estradas intermunicipais, a BR-383 conecta São Thomé das Letras a Cruzília e Baependi em 45 km, e outra de 15 km, que o une a Três Corações e Luminária. Essas vias, apesar estreitas e tortuosas devido ao relevo montanhoso, são relativamente bem conservadas. Os estudos da GEOMIL (2000), já sinalizavam que, da cidade de São Thomé das Letras até os locais onde se situam os empreendimentos minerários, os acessos são diversos por entre as lavras; alguns têm má qualidade para o tráfego de veículos de passeio.

A lavra do quartzito é realizada em bancadas, a céu aberto. De forma simplificada, o processo produtivo inicia-se com a retirada do material estéril, o capeamento e o quartzito alterado, para então se atingir o material de interesse. Na fase seguinte, são utilizados explosivos e ferramentas manuais para o deslocamento da rocha, gerando significativa quantidade de resíduos, que consistem em blocos e retalhos de quartzito, em sua maioria, não comercializáveis. As placas, então, são aparadas com ferramentas manuais, gerando resíduos adicionais, e enviadas às serrarias para acabamento, ou diretamente para o consumidor.

De acordo com os estudos realizados por Deschamps (2002), a parcela útil da rocha é muito baixa, uma vez que a geração de resíduos (estéril) representa aproximadamente 93% do total de quartzito desmontado. Como a lavra do quartzito é, historicamente, a principal atividade econômica da região, e a exploração mineral tem sido desenvolvida sem uma destinação adequada dos resíduos, estes têm sido dispostos desordenadamente. Cabe ressaltar que muitas vezes os resíduos são lançados nos talwegues e drenagens naturais, favorecendo o transporte dos sólidos para os cursos d'água e baixadas a jusante dos empreendimentos, além da deposição não planejada do estéril em áreas contíguas à lavra com potencialidade de ser minerada.

Durante os trabalhos de campo realizados em 2014 percebeu-se que, em muitos casos, essa situação permanece, apesar dos avanços da legislação ambiental e de iniciativas por parte do poder público para controle, como o Plano de Ação para

Sustentabilidade do Setor de Rochas Ornamentais – Quartzito São Thomé das Letras, de 2009, do governo do Estado de Minas Gerais.

Fatores de ordem física, como problemas ambientais causados pela extração de pedras tais como poluição, ruídos e tremores na área urbana, alterações e assoreamento nos cursos d'água, comprometem a paisagem, a ambiência urbana e a identidade com o lugar.

3.3.2) Turismo

Apesar da extração mineral ainda representar a principal atividade econômica do município, o turismo em São Thomé das Letras vem se consolidando há algumas décadas e é marcado, principalmente, pelo turismo de aventura (ecoturismo, geoturismo) e pelo turismo esotérico. Conforme explicita Fleischer (2006), desde 1970 o município se configura com destino turístico, principalmente de mineiros e paulistas, inclusive estabelecendo residência em São Thomé das Letras. Além de serem atraídos pelas exuberantes belezas naturais, marcadas por cachoeiras, grutas e mirantes, os turistas são atraídos pelo esoterismo e misticismo local. Esse discurso está vinculado tanto a lendas sobre aparições de seres fantásticos e duendes, quanto a manifestações de seres extraterrestres e objetos voadores não identificados (OVNIS).

Cabe ressaltar que as duas principais atividades econômicas, o turismo e a mineração, infelizmente ainda apresentam uma relação confrontante, em várias situações. Exemplo disso são os casos em que os atrativos turísticos estão localizados no interior das propriedades de mineração, ou que seu acesso passa por áreas cuja mineração encontra-se ativa. Alguns guias turísticos relatam que a atividade minerária dificulta, e até impossibilita a apreciação dos pontos mais procurados por visitantes uma vez que impede seu acesso e a permanência dos turistas. A Toca do Leão é uma gruta que se encontra nessa situação, pois se localiza dentro da propriedade de uma mineradora. Outro exemplo é o caso da Ladeira do Amendoim, que dá acesso às áreas exploradas pela mineração, e seus arredores são usados como “bota fora” de resíduos do quartzito.

Desde 2003, o Governo de Minas se propôs a implantar uma política pública de Regionalização do Turismo, por meio de Associações de Circuitos Turísticos. As Associações abrigam alguns municípios da mesma região, com afinidades culturais, sociais e econômicas, com o intuito de organizar e desenvolver a atividade turística regional, além de consolidar uma identidade regional. Dentre as propostas dessas

Associações, destacam-se a sinalização turística rodoviária, cursos de capacitação e de melhoria do serviço turístico, sensibilização, mobilização, elaboração de plano estratégico de desenvolvimento, roteirização, até a promoção do destino turístico.

São Thomé das Letras faz parte do Circuito Turístico Vale Verde e Quedas D'água, do Sul de Minas (Figura 12), certificado no dia 23 de junho de 2006, além de pertencer ao maior projeto turístico realizado no estado, a Estrada Real.

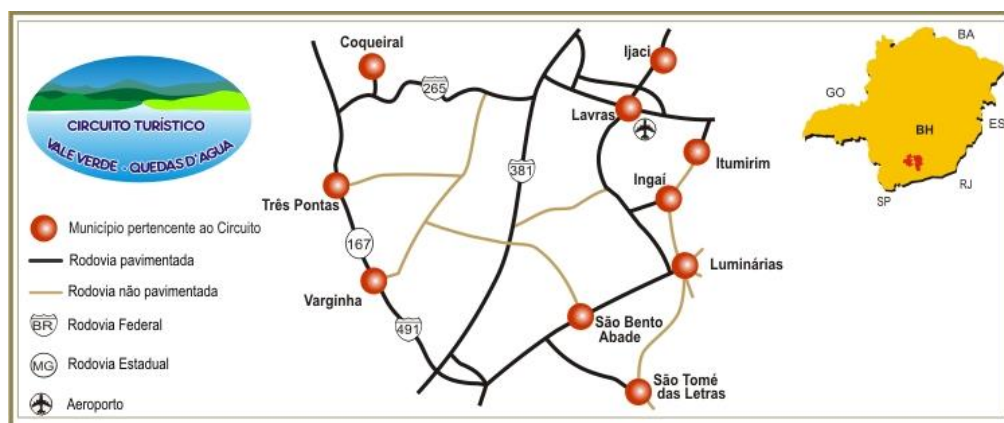


Figura 12: Circuito Turístico Vale Verde e Quedas D'água
(<http://www.turismo.mg.gov.br/circuitos-turisticos/mapa/996-circuito-turistico-vale-verde-e-quedas-dagua>)

O núcleo urbano possui dois conjuntos patrimoniais tombados pelo Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA/MG), sendo eles o Centro Histórico e Matriz de São Thomé das Letras; e o Conjunto Arquitetônico e Urbanístico da Capela do Rosário. De acordo com Zolini (2007), a história desses tombamentos inicia-se em 1984 quando se constituiu o Conselho Consultivo Municipal de Patrimônio Histórico e Artístico de São Thomé das Letras COMPHAST, que visava conscientizar a população e auxiliar na proteção dos bens de relevância patrimonial, que representam o Terceiro Período do Barroco Mineiro.

Apesar disso, durante os trabalhos de campo foi possível notar a falta de cuidado por parte dos órgãos responsáveis pela manutenção das áreas tombadas, como pode ser visto nas Figuras 13, 14, 15 e 16.



Figura 13: Placa explicativa da formação geológica e histórica da Gruta de São Thomé



Figura 14: Placa explicativa encoberta pela vegetação na entrada da Gruta de São Thomé evidenciando falta de manutenção



Figura 15: Falta de manutenção da placa do regulamento para visitação turística sustentável - Gruta São Thomé



Figura 16: Entrada da Gruta São Thomé – detalhe para a proximidade de residências vizinhas

As características que ressaltam o valor patrimonial dos dois tombamentos passam pela riqueza histórica e arquitetônica, em estilo colonial, incluindo técnicas construtivas próprias de alvenaria. A ampla utilização da pedra são tomé nas primeiras construções e calçamento de vias são elementos de sua arquitetura vernacular. A capela de Nossa Senhora do Rosário, por exemplo, traz como particularidade o material e a técnica aplicada em sua construção. Suas paredes foram erguidas com pedra são tomé, justapostas, umas sobre as outras, dando aparência à fachada de filetes de pedras encaixadas, técnica conhecida na região como “cavaco”, criando uma aparência muito diferente das tradicionais igrejas brasileiras, que são rebocadas em argamassa de cal. (ZOLINI, 2007).

Tais elementos trazem à tona a necessidade de se conhecer a importância desse patrimônio geológico construído, bem como sua conservação e manutenção. Conforme Costa *et al.* (2003), os quartzitos foram e ainda são largamente aplicados em conjuntos arquitetônicos em Minas Gerais e em outras partes do país. Pode-se mesmo afirmar que nas cidades históricas de Minas não se encontra quase nenhuma construção que não tenha alguma aplicação de quartzitos, sendo a região de São Thomé das Letras o principal centro produtor.

As novas edificações do centro urbano de São Thomé das Letras não preservaram esse estilo arquitetônico e privilegiam a alvenaria convencional, como pode ser visto na Figura 17. Até mesmo as alterações arquitetônicas de construções já existentes não apresentam aplicações de quartzito, o que promove a perda de referências do patrimônio construído, a utilização do quartzito e seus resíduos amplamente disponíveis na região poderiam reduzir tanto o custo de material para construção quanto a passivo ambiental ocasionado pelos rejeitos.

Algumas áreas que têm sido utilizadas para fins turísticos eram utilizadas para exploração do quartzito, porém foram abandonadas sem quaisquer cuidados com sua recuperação ou reabilitação ambiental, como o Poço Verde, no distrito de Sobradinho. Nessa antiga área de mineração se formou um lago profundo que atualmente é muito utilizado nos finais de semana e feriados, tanto pelos turistas quanto pela população local. Contudo, não existem estudos sobre a qualidade dessa água, se existe contato com o lençol freático ou se é apenas represamento da água pluvial, nem se é seguro utilizar a área para fins recreativos, já que não se sabe a profundidade do lago. De acordo com a prefeitura, já houve algumas tentativas de interdição da área, já que o superficiário não se responsabiliza pela segurança dos visitantes. Cabe ressaltar que existem várias áreas como essa no município, onde a exploração do quartzito não era mais economicamente interessante e foi abandonada, como mostra a Figura 18.



Figura 17: Novos loteamentos da Zona de Expansão Urbana localizada em antiga área de mineração



Figura 18: Área de mineração abandonada – detalhe para passivo ambiental (água empocada)

4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1) Materiais

Foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Base hidrográfica: Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, escala 1:50.000;
- Base de rodovias e estradas, limites municipais, curvas de nível, distritos e área urbana: folhas articuladas de Luminárias (SF-23-X-C-IV-1), Três Corações (SF-23-I-IV-2), Caxambu (SF-23-X-C-IV-3) e Conceição do Rio Verde (SF-23-V-D-VI-4), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE escala 1.50.000;
- Base de cavidades: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV;
- Base de afloramentos geológicos, recursos minerais, e geologia (Carta Varginha): Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, escala 1:100.000;
- Base de geologia (Carta Caxambu): Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais – CODEMIG, escala 1:100.000;
- Base de Unidades de Conservação: Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF-MG e Instituto de Geociências Aplicadas – IGA;
- Base das áreas de processos minerários: Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM;
- Base de empresas de mineração: Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM-MG, IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, AMIST – Associação das Empresas Mineradoras, Beneficiadoras e de Comércio de Quartzitos da Região de São Thomé das Letras, FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais;
- Base de geomorfologia: Marques Neto (2007), escala 1:50.000;
- Base de solos: Universidades Federais de Viçosa e Lavras, e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, escala 1:650.000;

- Base de atrativos turísticos: Prefeitura Municipal de São Thomé das Letras, Secretaria do Estado de Turismo – SETUR, Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ (cartografia da arte rupestre da Estrada Real), Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e trabalhos de campo;
- Imagem de satélite Landsat 8 de 2014, órbita 218, ponto 75, composição RGB 654 disponibilizada por *Geological Survey* – USGS;
- Base de Uso do Solo: Imagem de satélite Landsat 5 de 1984 e 2011, órbita 218, ponto 75, disponibilizada por Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE;
- Imagem de satélite RapidEye de 2010, fornecida pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais.

4.2) Metodologia

4.2.1) Coleta e tratamento de dados

Os dados utilizados foram convertidos para o sistema de projeção UTM (Universal Transversal Mercator), datum de referência SIRGAS 2000 no software ArcGIS, versão 10.2, e processados no mesmo software, a fim de viabilizar a espacialização das informações, bem como sua análise.

A coleta de dados primários foi realizada utilizando GPS (Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global) MAP Garmim 60CX para identificação das áreas de exploração mineral, atrativos turísticos e elementos da geodiversidade.

4.2.2) Índice de Geodiversidade

Para o Índice de Geodiversidade, realizado com base em Pereira *et al.* (2013), inicialmente foi feita a dissociação das classes de cada uma das variáveis selecionadas e atribuído um valor aleatório para cada uma delas. Os dados, inicialmente em formato vetorial, foram convertidos para raster, cujo valor da célula foi de 130 x 130 metros.

Foram utilizadas as variáveis com suas respectivas classes de feições apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Classes de feições e variáveis

Variáveis	Classes de feições
Litologia	Anfibolitos
	Quartzitos e xistos.
	Rochas metaultramáficas
	Ortognaisses migmatíticos com intercalações de anfibolitos, paragnaisses bandados, quartzitos manganésíferos, rochas calcissilicatadas, quartzitos e rochas metaultramáficas
	Filito/xisto cinzento com intercalações de quartzito e granada-cloritóide filito que passa a granada-estaurólita xisto
	Biotita gnaisse bandado e intercalações de filito/xisto cinzento, quartzito, biotita xisto, anfibolitos
	Biotita gnaisse bandado e rochas metaultramáficas
Solos	Quartzito com muscovita esverdeada
	Afloramento Rochoso
	Cambissolo distrófico
	Latossolo vermelho-amarelo distrófico
Geomorfologia	Argissolo vermelho distrófico
	Cristas monoclinais
	Espigões Paralelos
	Morrotes, morros e morros com encostas suavizadas rebaixados com topos convexos a aplainados e vertentes retilíneas a convexas
	Morrotes e morros de topos convexos a aplainados e vertentes predominantemente convexas
	Morrotes e vertentes convexas a retilíneas e todos predominantemente convexas
	Terraços pedimentares
Planícies alúvio-coluvionares dissecadas com alvéolos	
Idade Geológica	Neoproterozóico
	Paleoproterozóico/Neoarqueano

A variável rugosidade foi calculada a partir da metodologia proposta por Benito-Calvo *et al.* (2009), calculada pela relação entre a declividade e a orientação da superfície através da seguinte equação:

$$R = \sqrt{(\sum x_i)^2 + (\sum y_i)^2 + (\sum z_i)^2}$$

$$x_i = \sin \gamma_i \cdot \cos \Phi_i \quad y_i = \sin \gamma_i \cdot \sin \Phi_i \quad z_i = \cos \gamma_i$$

R é a rugosidade, γ a declividade e Φ a orientação.

Em terrenos de rugosidade mínima, onde os vetores são paralelos (dispersão mínima), a soma de vetores atinge o seu valor máximo, e vice-versa.

4.2.2.2) Cálculo de Geodiversidade

Para o cálculo dos índices de geodiversidade na área de estudo, foi selecionado o método proposto por Serrano & Ruiz-Flaño (2007)

$$Gd = Eg R / \ln S$$

Gd = Índice de Geodiversidade; Eg = Número de elementos físicos (geomorfológicos, hidrológicos, solos) diferentes existentes na unidade; R = Coeficiente de rugosidade da unidade; S = Superfície da unidade (km²).

4.2.3) Análise Multicritério

Os dados espaciais foram trabalhados na forma de mapas temáticos que representam superfícies potenciais de distribuição da variável. Esses planos de informação foram armazenados em formato matricial que, além de otimizar o cruzamento dos dados, pela relação topológica implícita, esse formato é o mais utilizado dentre os softwares de modelagem.

O próximo passo foi a definição da área de trabalho e a dimensão das células da matriz, "X por X", resultando em seu tamanho com "n" linhas e "m" colunas. Nesse momento, foi escolhida a unidade territorial de integração das análises, ou a resolução dos planos de informação, resultando na precisão espacial dos resultados das análises. Assim, para o cruzamento dos dados, os mapas temáticos foram padronizados com a mesma resolução de armazenamento, embora os dados tenham sido gerados em escalas diversas. A resolução da análise condiz com a definição do tamanho do pixel, bem como o número de linhas e colunas na matriz de representação. A Figura 19 representa esse processo.

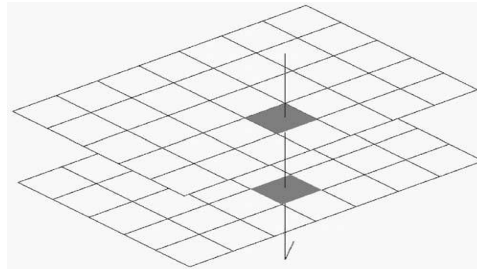


Figura 19: Coincidência espacial - sobreposição de planos de informação de mesma resolução. Representação matricial em linhas e colunas, com a dimensão do pixel definindo a resolução. (Moura, 2003, p. 70).

Como as variáveis apresentam fontes e escalas de dados diferentes, o procedimento seguido foi a adoção da pior resolução, ou maior dimensão do *pixel*, uma vez que é inaceitável, cartograficamente, melhorar a representação de um dado que foi gerado em escala menos detalhada. No presente estudo, foi adotada a unidade territorial de integração de dados no valor de *pixel* ou célula de 30 por 30 metros, o que atende tanto ao critério de acurácia visual (resolução) como de dimensão de interesse para a análise territorial (indicação de áreas para crescimento da exploração mineral e para geoconservação do município de São Thomé das Letras).

No presente estudo, a álgebra adotada foi de lógica *fuzzy*, sendo os pesos e notas sugeridos por especialistas que dominavam tanto o fenômeno retratado em cada mapa, como tinham conhecimento específico sobre o território de estudo. No caso, foram consultados especialistas que dominam as questões relacionadas aos elementos das geodiversidade, seu uso e conservação, além dos profissionais da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) que possuem experiência em atividades de mineração e conhecem o contexto de São Thomé das Letras, visto o Plano de Ação para Sustentabilidade do Setor de Rochas Ornamentais – Quartzito, São Thomé das Letras.

4.2.4) Construção de Cenários

Uso e cobertura do solo

Conhecer e mapear os tipos de uso e cobertura do solo da área de estudo é crucial para elencar os critérios que definirão os cenários propostos no presente estudo. Nesta etapa, foram utilizados os dados da monografia de especialização em Geoprocessamento de Silva (2014), intitulado “Mapeamento e análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras”. Este estudo o trabalho objetivou realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras, no estado de Minas Gerais, quantificar e espacializar as alterações no período determinado de 1984 a 2011.

Buscou-se visualizar o comportamento da atividade de mineração desde seu início até os dias atuais, e conseqüentemente, observar a dinamicidade das mudanças ocorridas na cobertura do solo das outras classes estabelecidas. Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foi utilizado o programa SPRING/INPE e para a análise temporal/espacial de mudanças utilizou-se a plataforma Land Change Modeler acoplada ao programa IDRISI Selva. A partir da análise dos resultados foi possível quantificar e espacializar o avanço da mineração sob o campo rupestre/afloramento rochoso; a perda substancial da vegetação densa no intervalo do período analisado; o crescimento exponencial da ocupação urbana; e o surgimento da atividade reflorestamento.

Cabe ressaltar que os resultados dessa etapa foram atualizados e validados pelos dados coletados em campo, onde se elencaram pontos de controle para a comparação de classes definidas no mapa em relação aos usos observados no terreno. Os trabalhos de campo, nesse sentido, foram voltados para a verificação das informações provenientes da classificação de imagem de satélite, e levantamento mais detalhado dos tipos de uso e cobertura do solo, bem como identificação de potencialidades ambientais e/ou territoriais presentes na área.

Considerando esses aspectos, identificou-se a necessidade de se realizar um levantamento espacializado das atividades de mineração em São Thomé das Letras, da mancha urbana da cidade e das áreas de interesse ambiental. Tais pontos são desafios colocados para o planejamento territorial e que devem ser orientados pelo poder público. Antes de qualquer ação e implementação de políticas públicas, é necessário o conhecimento e o diagnóstico do território, com vistas a delimitar os pontos críticos, sinergias e prioridades dentro de uma área piloto, definindo neste caso o município responsável pela maior produção de quartzito folheado do Estado.

A fim de se atingir os objetivos da pesquisa, foi proposta a elaboração de três cenários, com a indicação das melhores áreas para exploração mineral, para geoconservação, e um terceiro, integrado, que concilie ambos os usos, identificando aquelas onde há combinação de aptidões e interesses.

Cenário Minerário

O objetivo deste cenário é a indicação das melhores áreas para alocação de atividades minerárias. Esta modelagem considerou tanto critérios restritivos quanto favoráveis.

Critérios Restritivos

Foram considerados como critérios restritivos aqueles que de alguma forma impedem a expansão da mineração, principalmente por aspectos legais: áreas urbanas bem como seus perímetros de expansão, Unidades de Conservação, e as Áreas de Preservação Permanente (rios, nascentes e topos de morro). Além destes, foram considerados restritivos para as atividades de mineração os atrativos turísticos naturais principalmente as cavidades naturais subterrâneas e as cachoeiras.

Para o mapeamento da classe Áreas Urbanas (Figura 20), bem como para a Corpos d'água, foi utilizada a base do IBGE, juntamente com a oficial do Estado de Minas Gerais, além de ajustes baseados nos estudos de Silva (2014), nas imagens orbitais Landsat 8 TM de 2014 e RapidEye 2010.

Além das restrições apresentadas, foram incluídas as limitações de uso para as Áreas de Preservação Permanente, definidas pela legislação ambiental, estabelecidas pelo novo Código Florestal (Lei 12.651/12) e pela Resolução do CONAMA nº. 303/2002. Nesse contexto, foram mapeadas e espacializadas as APP's de nascentes, que corresponde a uma área de 50 metros do entorno das nascentes (Figura 21); de cursos d'água, contados 30 metros a partir da borda (Figura 22); e os topos de morro, correspondente as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação em relação a base (Figura 23). Não foram encontras áreas com declividade acima de 45° no município em estudo.

De acordo com a PORTARIA IBAMA nº 887, DE 15 DE JULHO DE 1990, Art. 6º a área de influência de uma cavidade natural subterrânea será definida por estudos técnicos específicos, obedecendo as peculiaridades e características de cada caso. A área a que se refere o presente artigo deverá ser identificada através da projeção em superfície do desenvolvimento linear da cavidade considerada, ao qual será adicionado um entorno adicional de proteção de, no mínimo, 250 (duzentos e cinquenta) metros. Os outros atrativos estão localizados na área urbana (como as igrejas) ou em topos de morro (como a pirâmide), que também são considerados como áreas não aptas ao desenvolvimento da mineração. Portanto, para este estudo adotou-se que a área de 250 metros no entorno dos atrativos turísticos mapeados é considerada critério restritivo no cenário minerário.

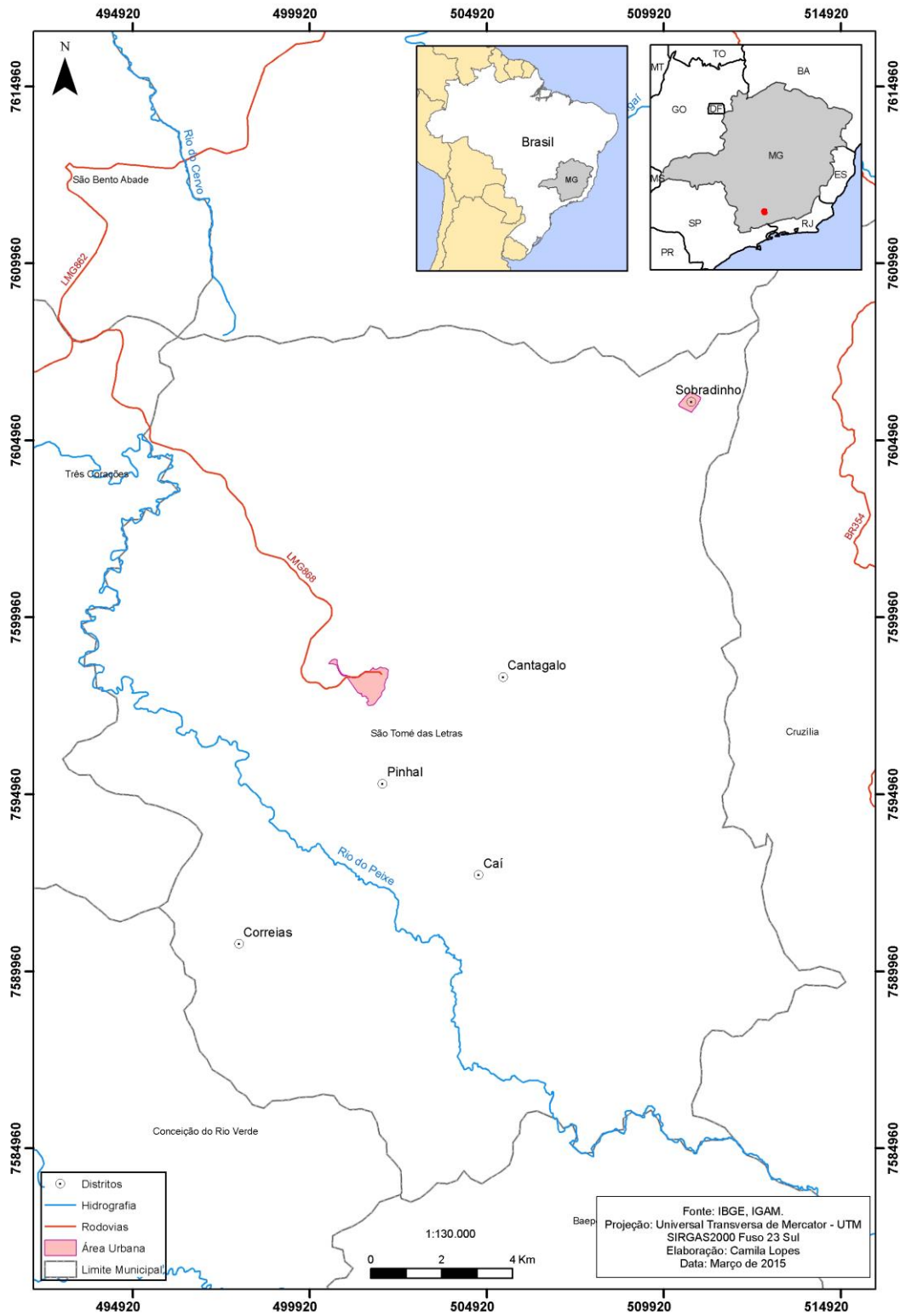


Figura 20: Mapa das Áreas Urbanas

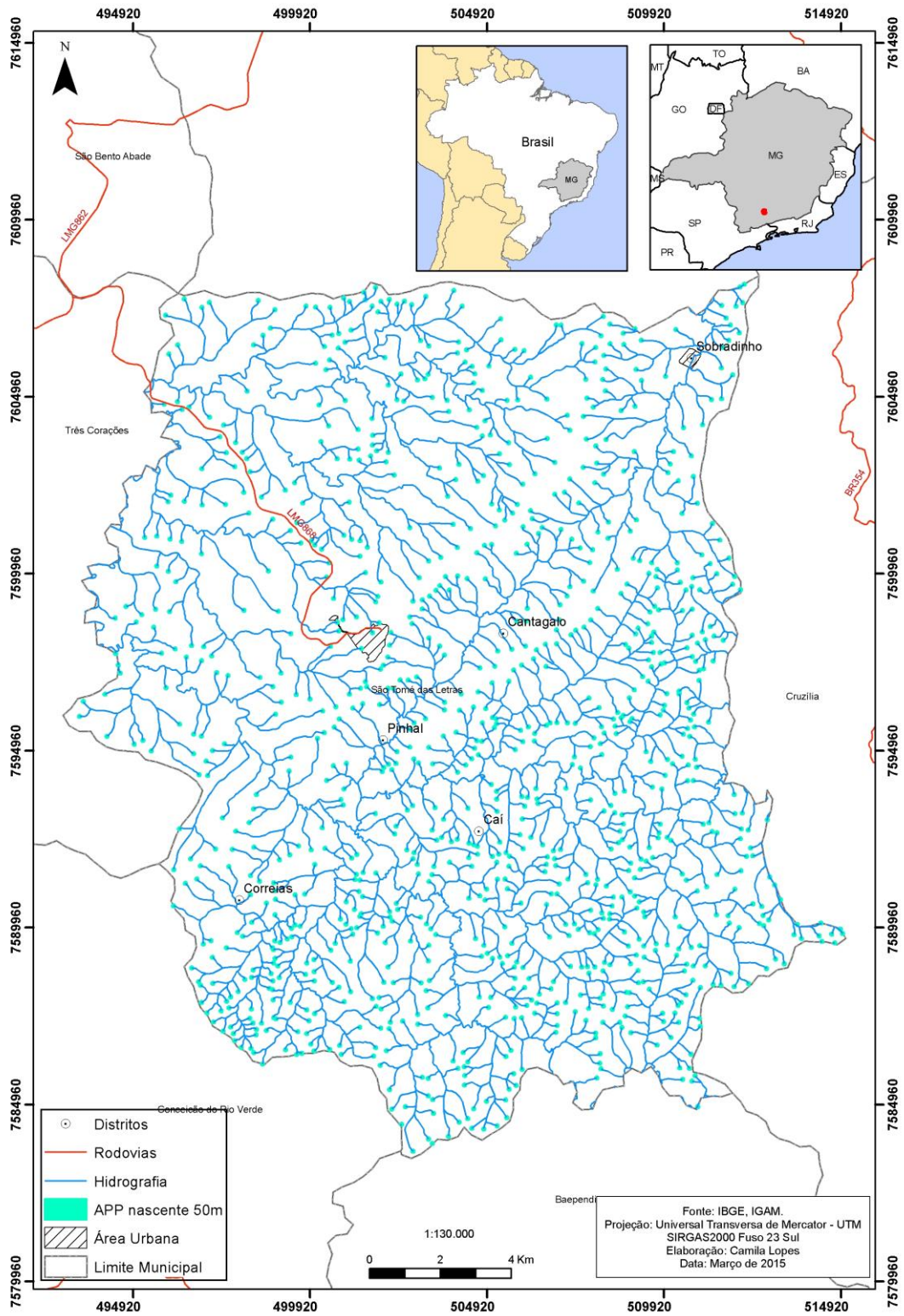


Figura 21: Mapa Áreas de Proteção Permanente – Nascentes
Fonte: IBGE, IGAM.

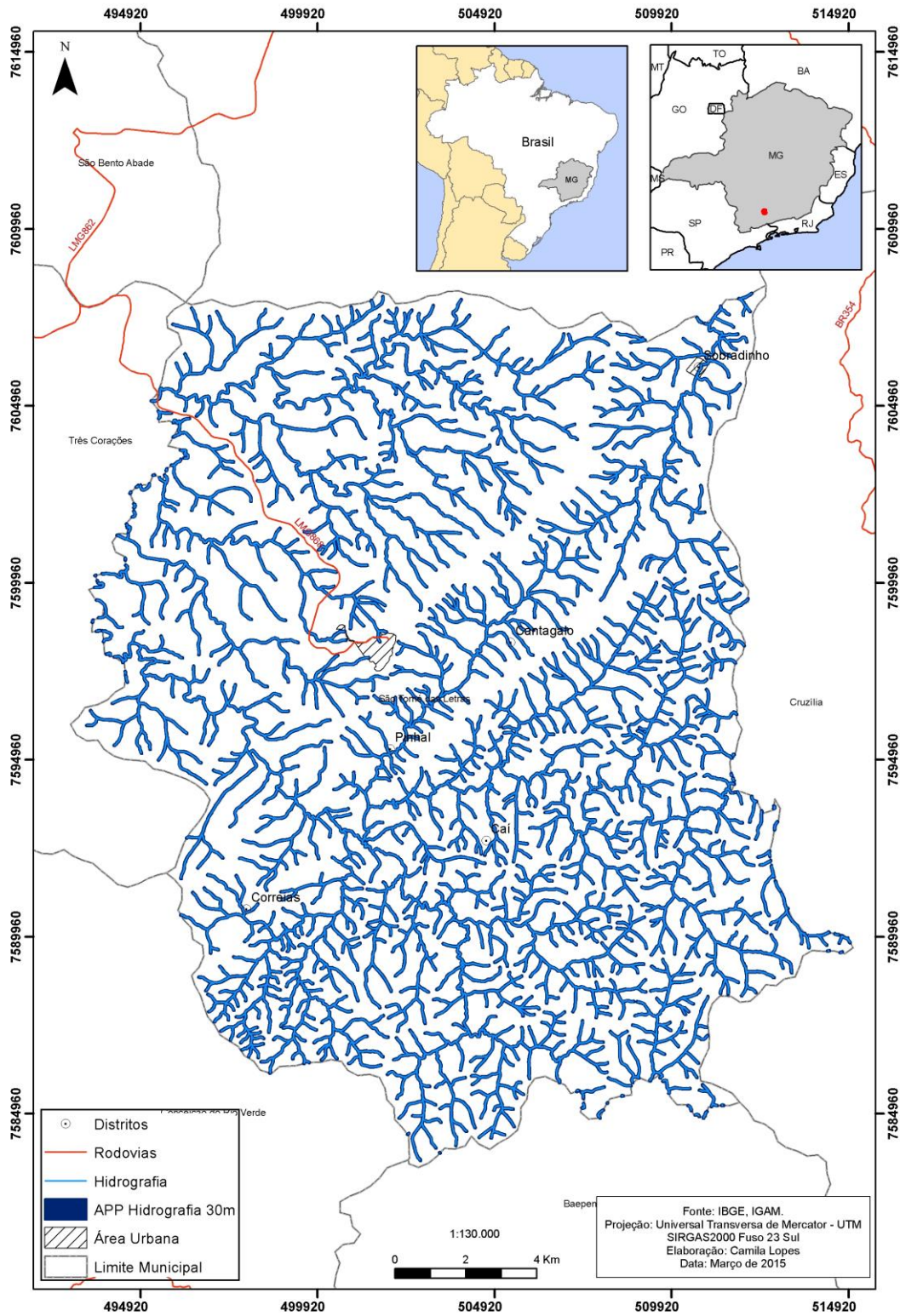


Figura 22: Mapa de Áreas de Proteção Permanente – Cursos d'água
Fonte: IBGE, IGAM.

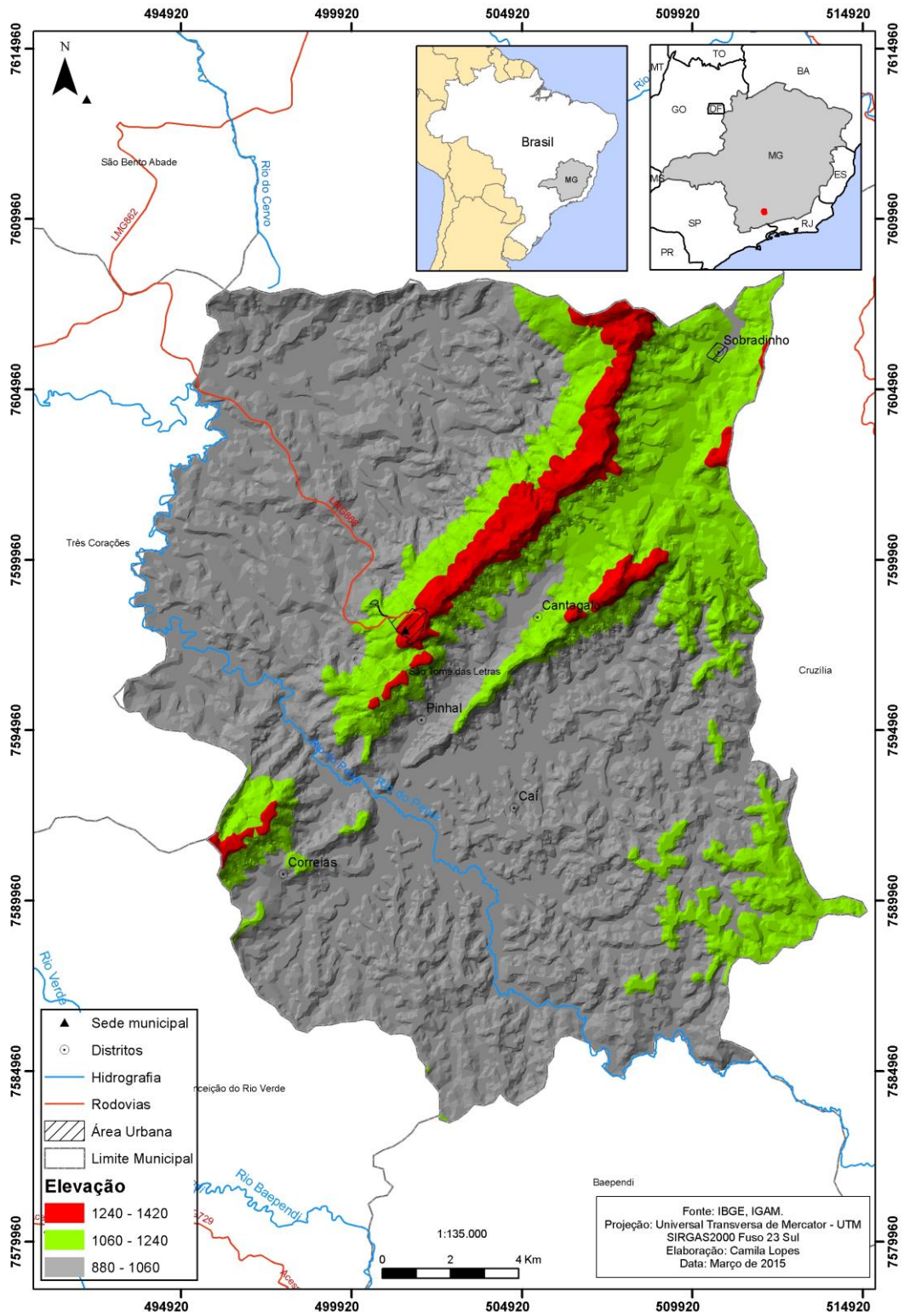


Figura 23: Mapa de Áreas de Proteção Permanente – Topo de morro
Fonte: IBGE, IGAM.

Foram consideradas como restritivos para o Cenário de Mineração todas as Unidades de Conservação do município (Figura 24):

- Parque Municipal Antônio Rosa (Lei Municipal nº 777/97)
- Área de Proteção Ambiental São Thomé das Letras
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Toca Furada (Estadual)
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Gruta do Carimbado (Estadual)
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Gruta do Carimbado II (Estadual)
- Reserva Biológica Estância Hidromineral (IGA)

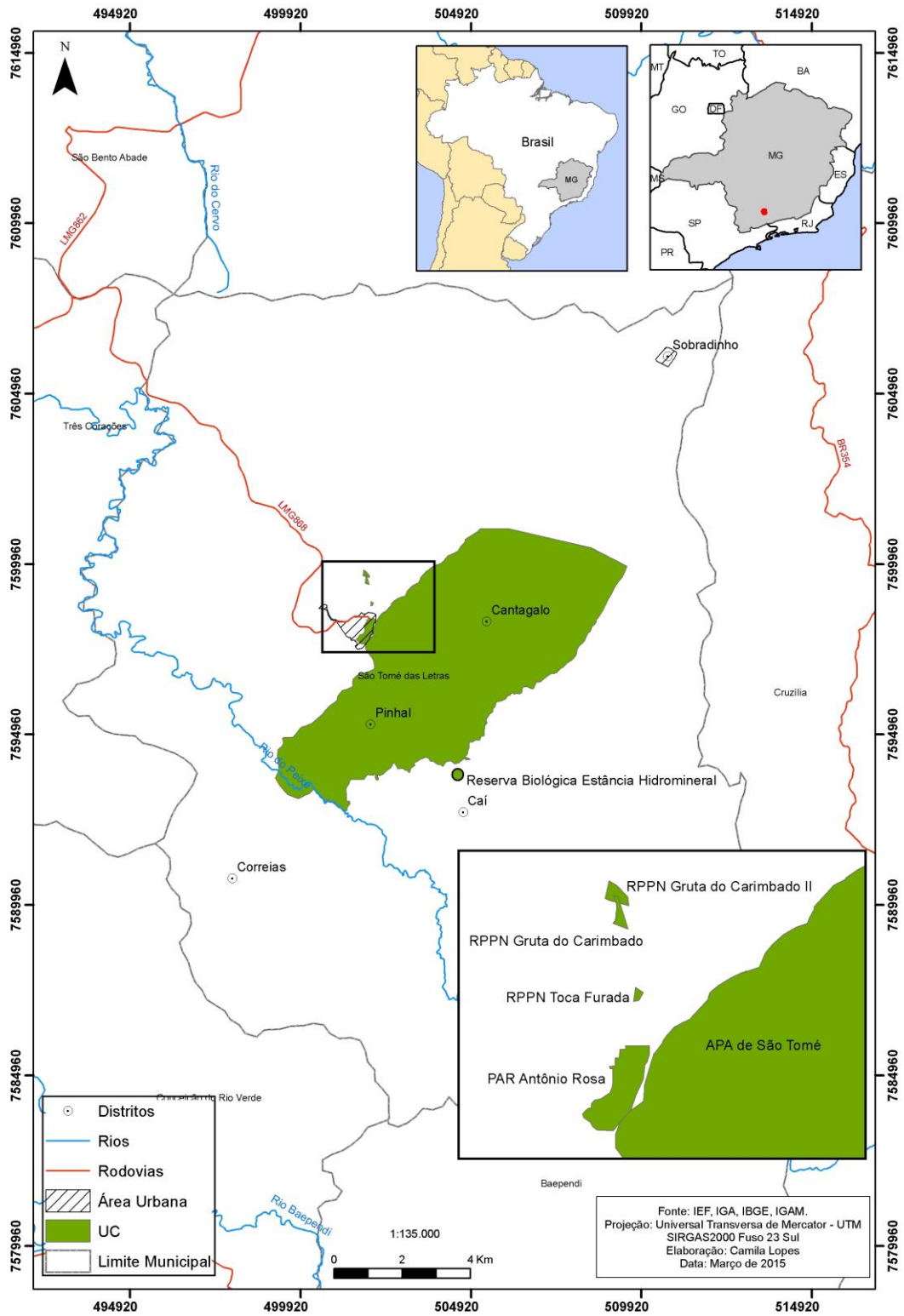


Figura 24: Mapa de Unidades de Conservação
Fonte: IEF, IGA, IBGE, IGAM.

Critérios Favoráveis

Em termos de ordenamento territorial, definido a partir de uma abordagem econômica, é interessante planejar a exploração mineral de acordo com as potencialidades naturais que o ambiente oferece como, disponibilidade e quantidade do mineral, registro no DNPM, estradas, etc., bem como a capacidade de melhoramento dessas potencialidades; as potencialidades locacionais, principalmente em relação à acessibilidade; além de analisar as condições de vulnerabilidade da área.

Foram considerados os fatores potencializadores da atividade econômica minerária: litologia, acesso, DNPM e minas ativas.

Geologia e ocorrências minerais

Foram usadas duas bases geológicas: o mapa geológico da carta Varginha e da carta Caxambu, ambos em escala 1:100.000 (Figura 25). Como critério favorável à mineração foi considerado a presença de quartzito nas unidades geológicas.

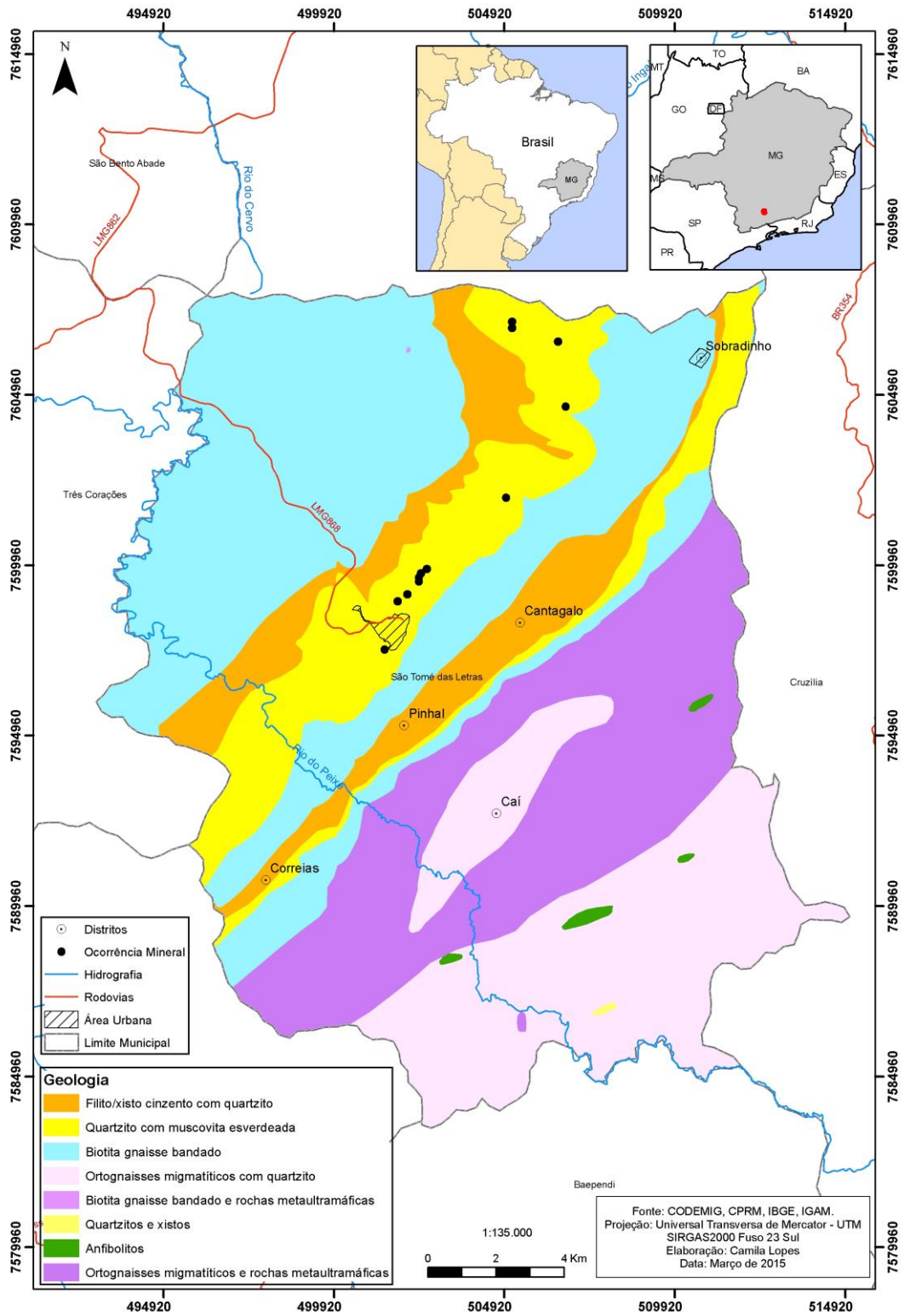


Figura 25: Mapa Geológico.
Fonte: CODEMIG, CPRM, IBGE, IGAM.

Áreas dos Processos Minerários (DNPM)

As áreas dos processos minerários registradas no Departamento Nacional de Produção Mineral foram extraídas do próprio banco de dados do DNPM (Figura 26).

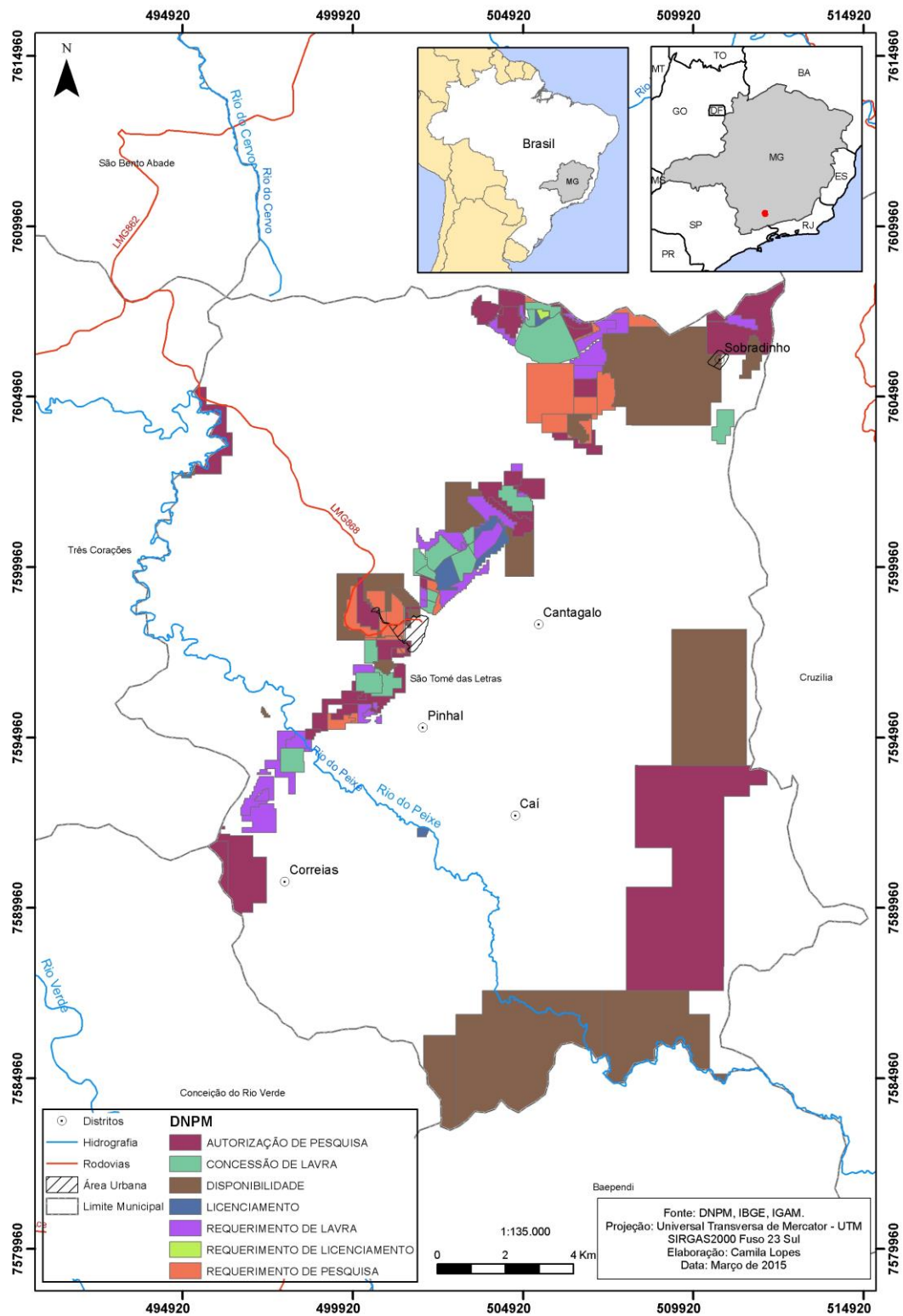


Figura 26: Mapa das áreas dos processos minerários.
Fonte: DNPM, IBGE, IGAM.

Proximidade de Estradas e Acessos

Para a avaliação da proximidade de estradas foi utilizada a base vetorial do IBGE, ajustada com a base de dados disponibilizada pelo Sisema (Figura 27). Durante os trabalhos de campo, também foram coletadas informações georreferenciadas referentes à acessibilidade da área onde as mineradoras estão instaladas.

Foi calculada a distância linear até as rodovias estaduais e federais das áreas das minas ativas. Em seguida, estas distâncias foram reescaladas para um intervalo contínuo de aptidão, onde cada pixel registra a distância linear ao pixel pertencente a estradas.

Para projetos minerários, quanto mais próximo o empreendimento estiver da rede viária, melhor o escoamento de produção. Por isso, os intervalos de distância foram agrupados para designar as melhores classes de adequação em relação à proximidade com as estradas.

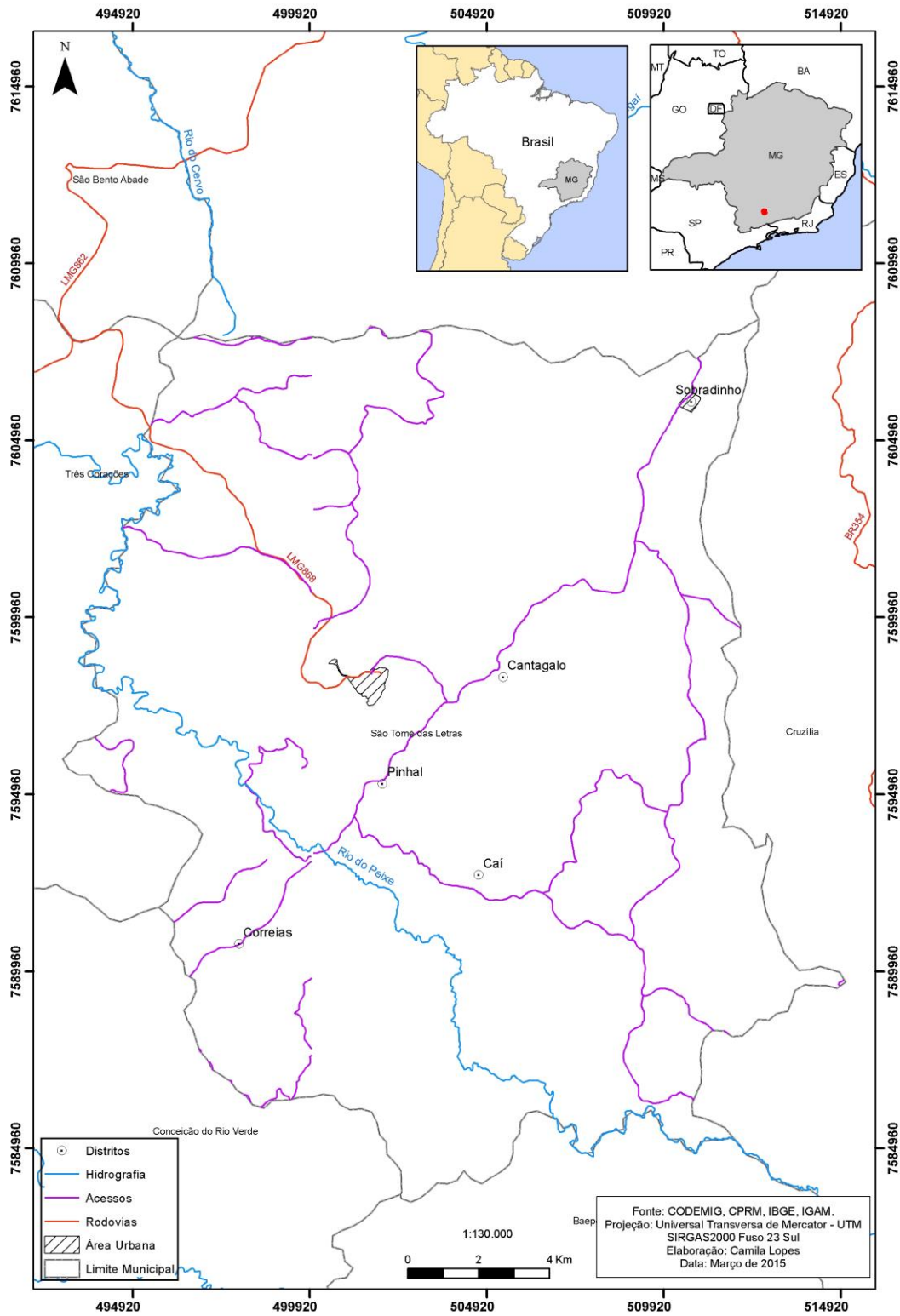


Figura 27: Mapa de estradas e acessos
Fonte: CODEMIG, CPRM, IBGE, IGAM.

Proximidade de minerações

O último critério de alocação usado como fator para o Cenário Minerário foi a Proximidade de Minerações Ativas. Aqui se considerou que as áreas mais próximas de atividades minerárias foram avaliadas mais aptas para novos projetos, em detrimento das áreas mais distantes.

As minerações ativas foram extraídas do sistema de cadastro da FEAM e coleta primária de dados. Em seguida, foi calculada a distância linear até estas áreas, e estabelecido um limite de distância, de acordo com o nível de aptidão das áreas (Figura 28).

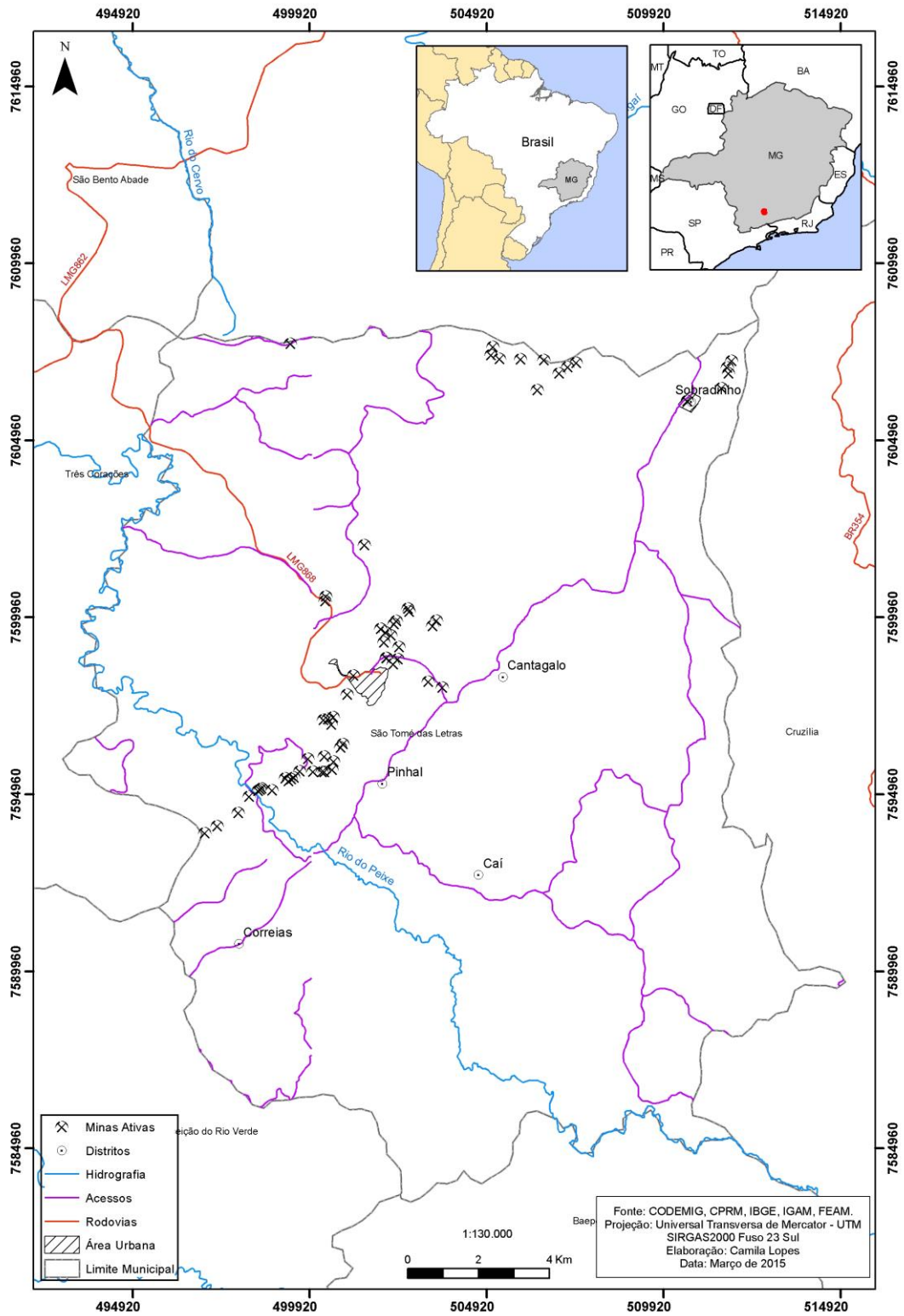


Figura 28: Mapa de minas ativas.
Fonte: CODEMIG, CPRM, IBGE, IGAM, FEAM.

Os Critérios de Restrição e os Critérios Favoráveis foram os parâmetros de entrada do modelo, após serem ponderados, ordenados e combinados, para a construção do Cenário Econômico, de acordo com as regras de decisão compiladas no quadro abaixo.

Quadro 1 - Desenvolvimento dos Critérios do Cenário Econômico

Mapa de Fator	Tipo de Critério/ Padronização	Regra de Decisão
Áreas Urbanas	Restrição / Booleano	Áreas Urbanizadas (mapa de uso e cobertura do solo)
APP's	Restrição / Booleano	Nascente (50m), Cursos d'água (30m) e topos de morro
UC's	Restrição / Booleano	Unidades de Conservação
Cavidades	Restrição / Booleano	250m
Litologia	Fator	Quartzito
DNPM	Fator / Fuzzy	Área dos Processos Minerários
Recurso Mineral	Fator / Fuzzy	Ocorrência de quartzito
Proximidade de estradas	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas
Proximidade de outras minerações	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas

Cenário de Geoconservação

O objetivo deste cenário foi identificar quais as áreas necessárias para a manutenção e/ou recuperação da integridade ambiental da área estudada, que garantam a conservação de uma amostra do seu geossistema e o uso sustentável de seus recursos.

Como a área de estudo é caracterizada por diversos usos, existindo espaços sem ocupação ou uso definidos, acredita-se que as melhores estratégias de geoconservação deste ambiente devem estar ligadas à capacidade de envolvimento de atores locais com objetivos geoconservacionistas de manejo sustentável dos recursos naturais. Nossa meta foi identificar áreas aptas à geoconservação. Para tanto, estabeleceu-se os critérios que foram considerados fatores para definição de áreas, conforme quadro de decisão (Quadro 3).

Critérios restritivos

Não foram elencadas variáveis restritivas à geoconservação, já que por definição esta proposta de conservação considera a gestão holística do território com

a utilização dos recursos de forma mais harmoniosa sem restringir o uso pela mineração.

Critérios favoráveis

Na escolha dos critérios que favorecem a localização de áreas a serem geoconservadas optou-se por valorizar a capacidade de desenvolvimento de ações conservacionistas de uso sustentável.

Áreas com alto Índice de Geodiversidade

A construção do Índice de Geodiversidade permitiu modelar a riqueza e a abundância dos elementos abióticos. Nesse sentido, foram incluídas as áreas com alto Índice de Geodiversidade como favoráveis à geoconservação.

Proximidade de Estradas

Foi calculada a distância linear até as rodovias estaduais e federais da área, bem como acessos pavimentados, ou não. Em seguida, estas distâncias foram reescaladas para um intervalo contínuo de aptidão, onde cada pixel registra a distância linear ao pixel pertencente a estradas.

Para a indicação de áreas destinadas à geoconservação, quanto mais próximo o local estiver da rede viária, melhor o acesso ao mesmo. Por isso, os intervalos de distância foram agrupados para designar as melhores classes de adequação em relação à proximidade com os acessos.

Proximidade de Afloramento Geológico

Os afloramentos geológicos naturais e artificiais foram espacializados a partir da base de dados da CPRM e complementados com trabalhos de campo (Figura 29).

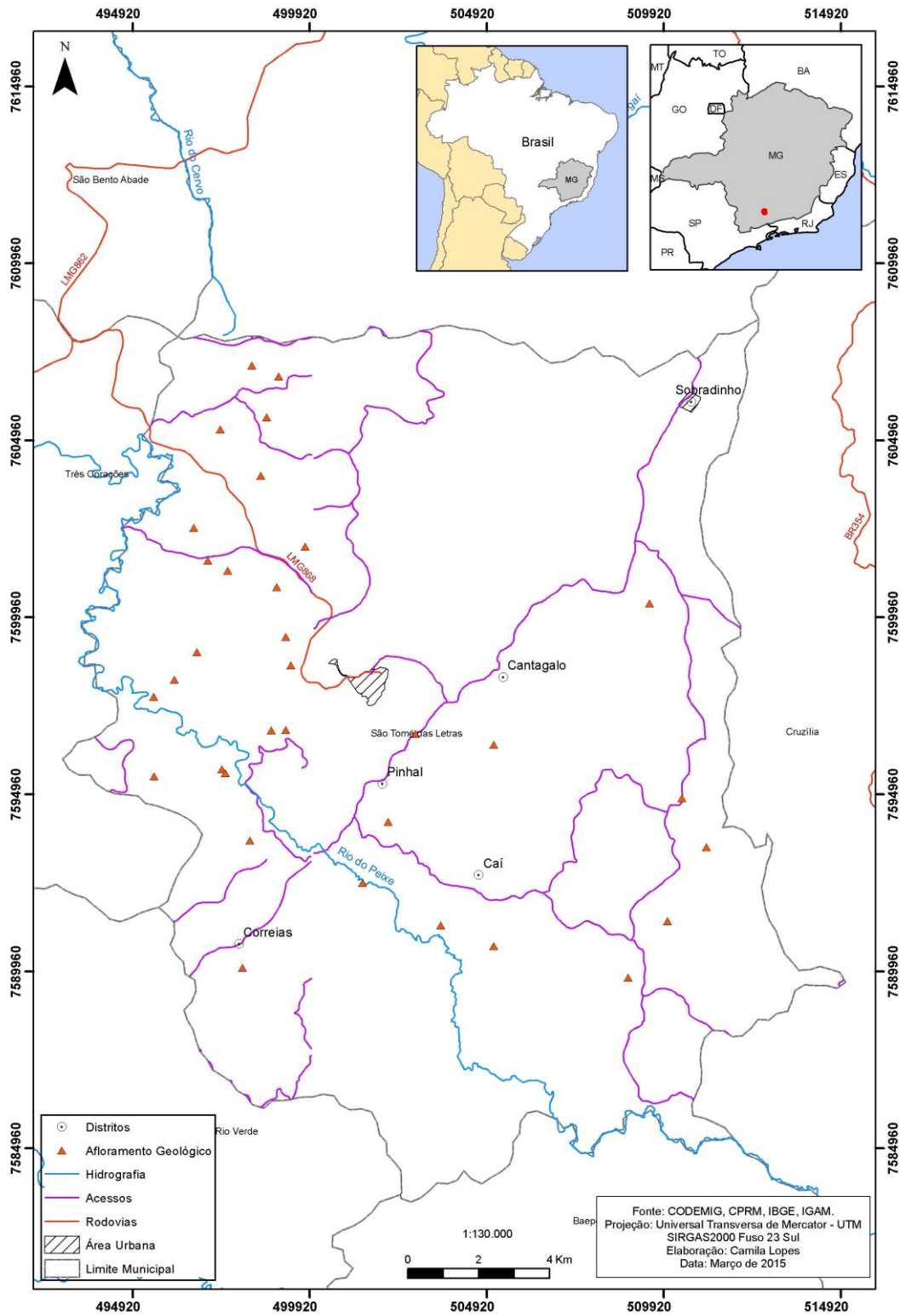


Figura 29: Mapa de Afloramentos Geológicos
Fonte: CODEMIG, CPRM, IBGE, IGAM, FEAM.

Proximidade de Unidades de Conservação

Seria interessante garantir que o entorno destas UC's pudesse ser protegido de atividades que fossem potencialmente impactantes, por isso outro fator para seleção de áreas passíveis de ações geoconservacionistas foi a proximidade destas áreas protegidas.

Para isso, foi construído um mapa das distâncias lineares até estas áreas e, em seguida, este mapa foi reclassificado para um intervalo contínuo de aptidão de 0 a 255.

Presença de Áreas de Preservação Permanente

Às áreas definidas no mapeamento de critérios do Cenário de Geoconservação como Áreas de Preservação Permanente, foi atribuído o valor 1, indicando a aptidão das mesmas para geoconservação.

Proximidade de Minas Inativas

As informações relacionadas às minas inativas foram fornecidas pelo Sistema de Cadastro da FEAM e complementadas com trabalhos de campo para coleta de suas coordenadas geográficas, como mostra a Figura 30. Após identificação e espacialização das minerações nessa situação, foi construído um mapa de distâncias lineares a ser reclassificado para um intervalo contínuo de aptidão de 0 a 255.

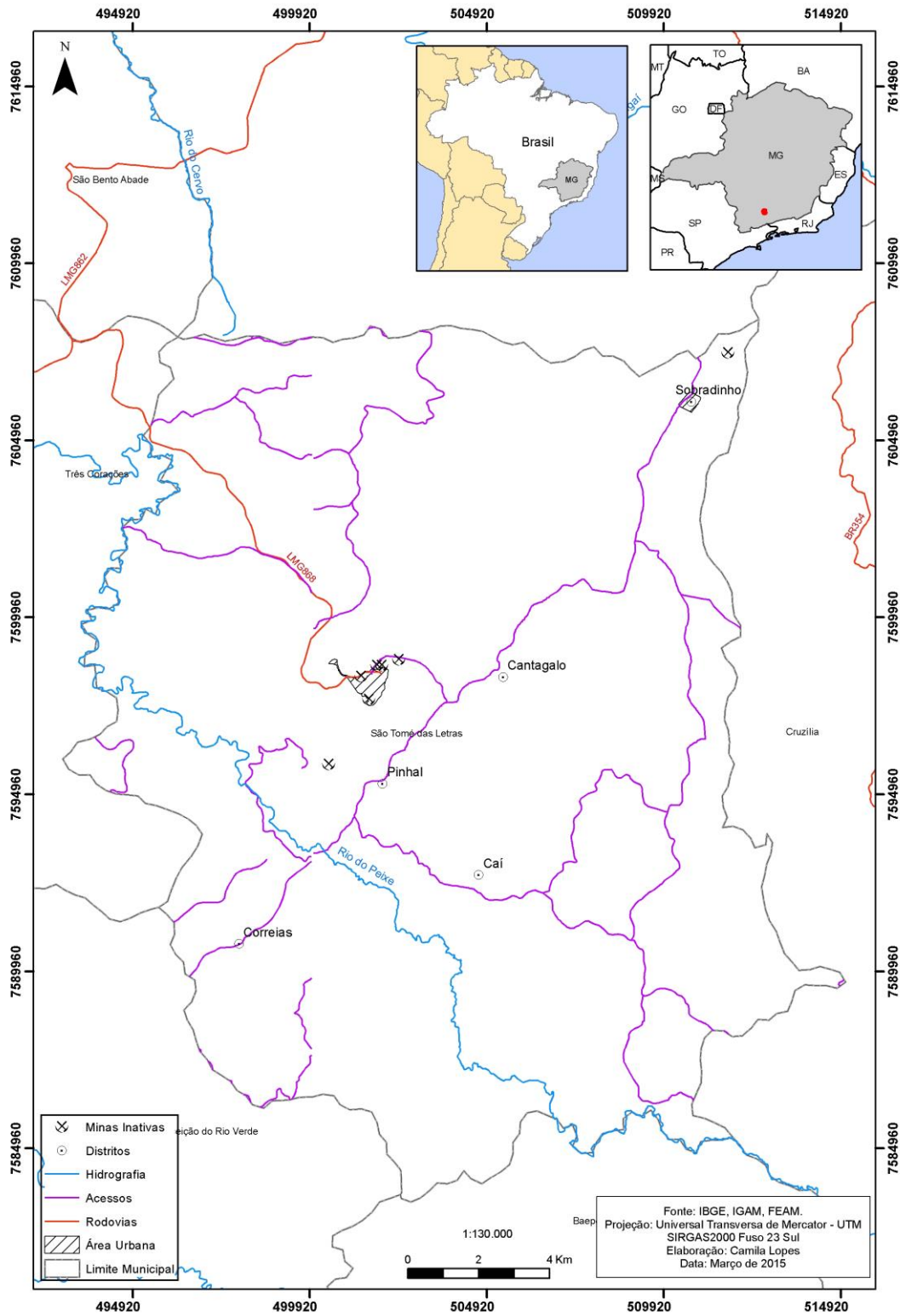


Figura 30: Mapa de minas Inativas.
Fonte: IBGE, IGAM, FEAM.

Proximidade de Atrativos

Foram mapeadas as principais áreas de lazer, tanto na área urbanizada, quanto na área rural, conforme mostra o Quadro 2. Foram encontradas as localizações de alguns atrativos a partir de dados secundários, e as coordenadas geográficas do restante foram coletadas durante os trabalhos de campo, como mostra a Figura 31.

Quadro 2: Atrativos de São Thomé das Letras

Grutas/Sítios Arqueológicos (Inscrição Rupestre)	Bruxa
	Carimbado
	Chapada 1
	Feijão
	Índio
	Labirinto
	Morro do Pião 2
	Morro dos Elefantes
	Pedra da Nave
	São Thomé
	Shangrilá I
	Shangrilá II
	Sobradinho
	Toca da Boa Vista
	Toca Furada
	Toca da Mão
	Toca do Chico Taquara 1
	Toca do Chico Taquara 2
	Toca do Leão
	Triângulo
Cachoeiras	Antares
	Chuva
	Conquista
	Eubiose
	Flávio
	Garganta do Diabo
	Gêmeas
	Lavarejo (corredeira)
	Lua
	Ninfas (corredeira)
	Panelas
	Paraíso
	Prefeitura
	Ricarda

	Shangri-lá (corredeira)
	Sobradinho
	Vale das Borboletas
	Véu das Noivas
Pontos Interessantes (Outros atrativos)	Areado?
	Centro de Eventos
	Cruzeiro
	Estádio
	Igreja do Rosário
	Igreja Matriz
	Ladeira do Amendoim
	Mirante
	Paredão
	Pedra da Bruxa
	Pico do Gavião
	Pirâmide
	Poço Verde

A partir deste mapeamento foi construído um mapa de distâncias lineares e, em seguida, reclassificado para um intervalo contínuo de aptidão de 0 a 255.

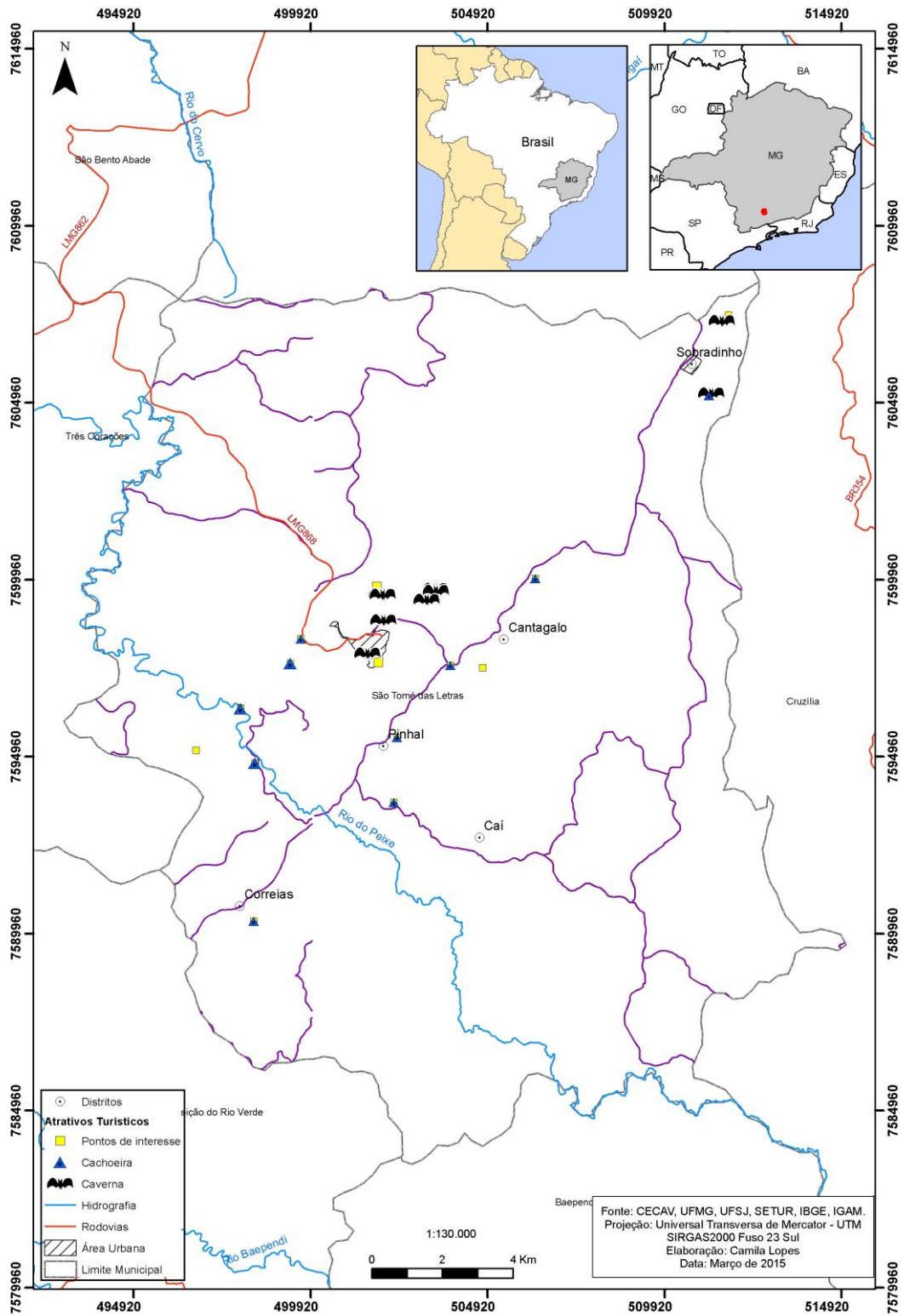


Figura 31: Mapa de atrativos turísticos
Fonte: CECAV, UFMG, UFSJ, SETUR, IBGE, IGAM.

Do exposto, foram considerados seis critérios favoráveis para o modelo de cenário geoconservacionista: proximidade de estradas e/ou acessos, proximidade de Afloramento Geológico, proximidade de Unidades de Conservação, proximidade de Áreas de Preservação Permanente, áreas de exploração mineral inativas, proximidade de Atrativos Turísticos.

Assim como no Cenário Econômico Minerário, mapearam-se cada critério do Cenário de Geoconservação, ponderando-os e ordenando-os de acordo com sua importância para o cenário. Ao final foi gerado um mapa com indicação de áreas potenciais para a geoconservação e valorização do Patrimônio Geológico.

A síntese das regras de decisão usadas na modelagem deste cenário segue no quadro abaixo.

Quadro 3 - Desenvolvimento dos Critérios do Cenário de Geoconservação

Mapa de Fator	Tipo de critério/ Padronização	Regra de Decisão
Áreas com alto Índice de Geodiversidade	Fator	Presença
Proximidade de estradas	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas
Proximidade de UC's	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas
Proximidade de APP's	Fator	Presença
Proximidade de atrativos turísticos	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas
Proximidade de afloramento geológico	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas
Áreas de exploração mineral inativas	Fator / Fuzzy	Áreas mais próximas são mais aptas

Cenário Integrado

O cenário ideal para o ordenamento territorial, integrando pelo menos dois objetivos distintos para o município estudado, foi chamado aqui de Cenário Integrado. As variáveis de entrada do modelo foram os mapas de aptidão resultantes da modelagem do Cenário Minerário e do Cenário de Geoconservação. Como trabalhamos com objetivos diferentes, também buscamos identificar possíveis áreas de combinação entre os dois cenários.

O último passo foi a modelagem final, também pelo software ArcGIS, que integrou os dois cenários desenvolvidos, buscando uma solução expressa em nosso Cenário Integrado. Optamos por usar o mesmo peso para cada cenário, buscando não

priorizar a identificação das áreas mais aptas para a mineração, nem para a geoconservação. Desta forma, tanto o Cenário de Mineração quanto o Cenário de geoconservação receberam peso 0.5 na modelagem final (Figura 32). O Cenário Integrado apresenta apenas uma das possíveis propostas de ordenamento territorial e também representa as combinações de uso entre áreas, bem como os limites e as compensações que nós inserimos no modelo.

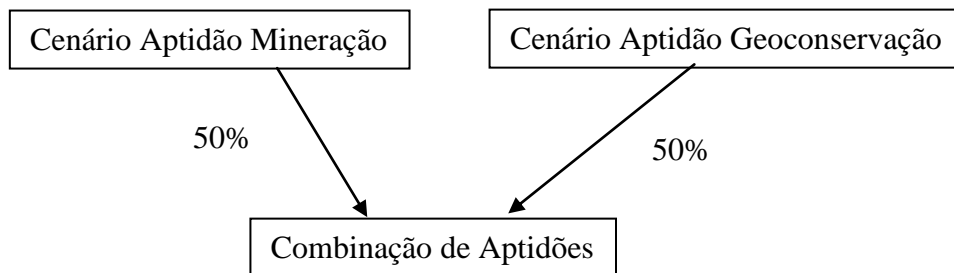


Figura 32: Árvore de Decisões da Combinação de Aptidões

4.3) Cenário de exploração mineral – pedra são tomé

O cenário de expansão da exploração mineral da pedra são tomé considerou as seguintes variáveis: litologia, proximidade de estradas, título mineral, ocorrência do recurso mineral e de outras minerações.

A técnica de ponderação das variáveis analisadas se pautou na metodologia *fuzzy*. Somente na variável “Litologia” foi utilizada a técnica da média ponderada, uma vez que, para a exploração mineral do quartzito, interessa somente a área de ocorrência dessa litologia. Os *experts* que participaram desse estudo atribuíram um peso de 50% à presença do quartzito. Os especialistas consultados foram geólogos da UFMG, analistas da FEAM, além de pesquisadores envolvidos diretamente com a temática de geodiversidade e geoconservação. A determinação dos valores dos pesos se pautou no grau de importância de cada critério analisado para a indicação das melhores áreas para o desenvolvimento de cada atividade, variando numa escala de 0 a 100%. As notas foram estabelecidas segundo o grau de proximidade, ou seja, quanto mais próximo da variável analisada, mais alta foi a nota, variando na escala de 0 a 5. A Tabela 3 traz os pesos (%) e as médias calculadas para as notas dos critérios.

Tabela 3 – Pesos e notas para o Cenário de Mineração

Variável	Peso	Componente de legenda	Nota
Quartzito	50%	Presença	5
Proximidade de Vias de Acesso	20%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0
Proximidade de DNPM	10%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0
Proximidade de Ocorrência de Recurso Mineral	10%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0

Proximidade de Minas	10%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0

Utilizando estes valores os dados foram reclassificados, ponderados e somados pixel a pixel gerando o cenário de desenvolvimento da mineração, apresentados nas Figuras 33, 34, 35, 36 e 37.

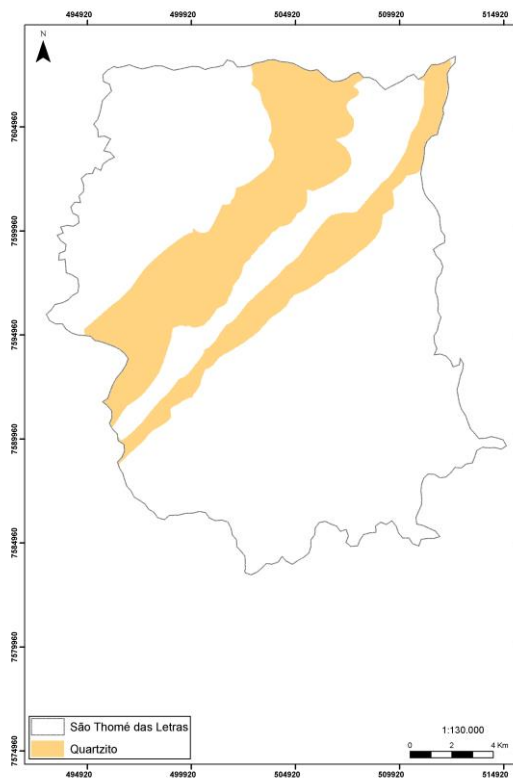


Figura 33: Presença de quartzo

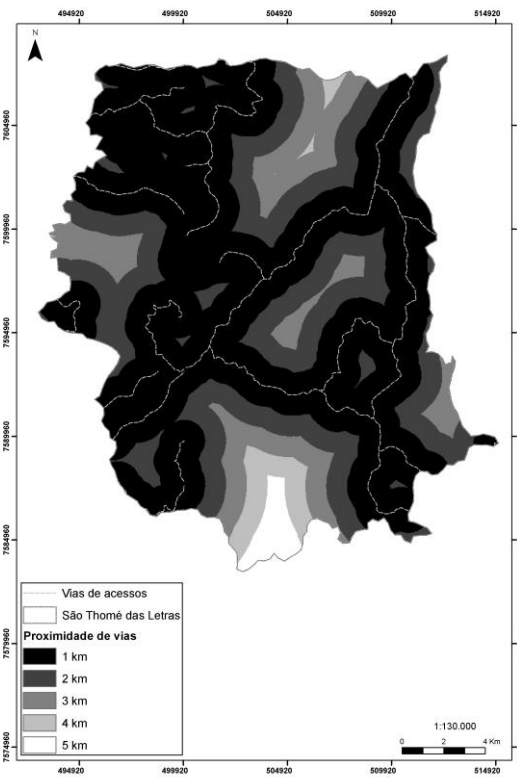


Figura 34: Proximidade de vias de acesso

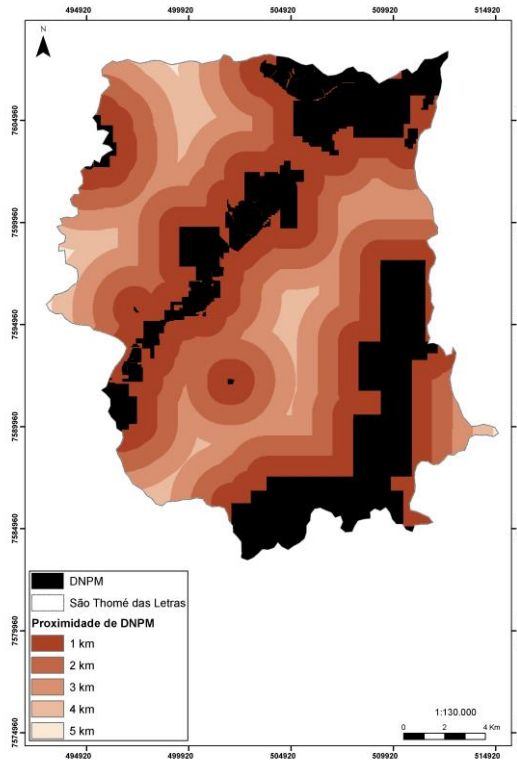


Figura 35: Proximidade de DNPM

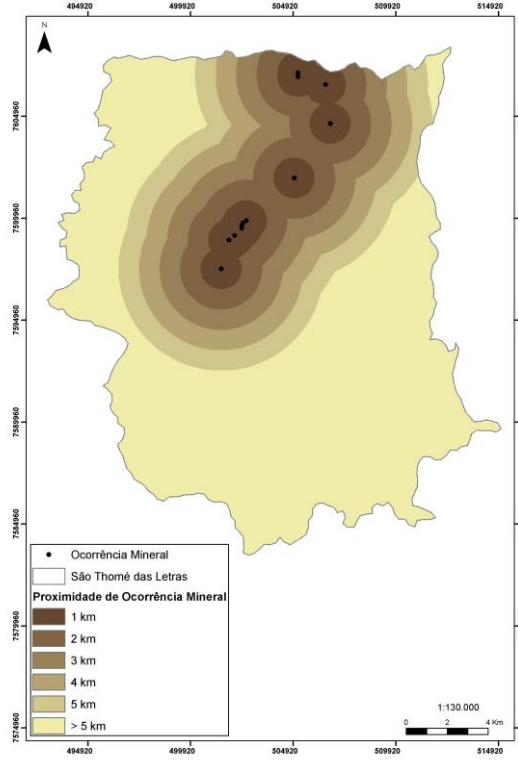


Figura 36: Proximidade de Ocorrência Mineral

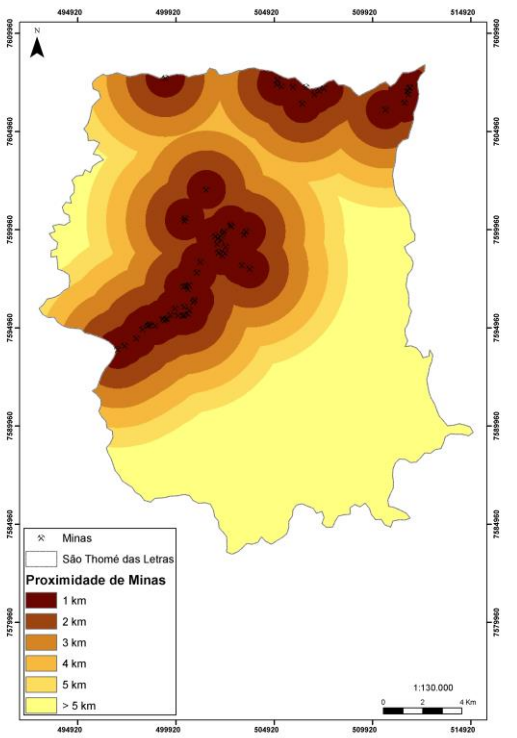


Figura 37: Proximidade de Minas Ativas

4.4) Cenário de Geoconservação

Neste cenário, a variável proximidade de estradas também foi utilizada, além da proximidade de atrativos turísticos, de Unidades de Conservação, de afloramentos geológicos, de áreas de exploração mineral inativas, e a presença de Áreas de Preservação Permanente, conforme as Figuras 38, 39, 40, 41 e 42.

Utilizando o conhecimento de especialistas foram definidas a hierarquia dos dados (pesos) e o grau de pertinência (notas). As notas foram estabelecidas tendo o maior valor nas áreas próximas ao elemento representado, e para Áreas de Preservação Permanente a nota foi estabelecida em relação à presença das mesmas. Os pesos foram estabelecidos segundo a seguinte hierarquia: 30% atrativos turísticos, 20% afloramento geológico e estradas, e 10% para UCs, áreas de exploração mineral inativa e presença de APPs, conforme apresentado na Tabela 4. Nesta tabela também são apresentadas as médias calculadas para as notas das variáveis do cenário de geoconservação. Para a espacialização dos dados foram utilizados os valores apresentados nesta tabela para reclassificar, ponderar e somar pixel a pixel as variáveis.

Tabela 4 – Pesos e notas para o Cenário de Geoconservação

Critério	Peso	Componente de legenda	Nota
Proximidade de atrativos turísticos	25%	0 - 2 km	5
		2 - 4 km	4
		4 - 6 km	3
		6 - 8 km	2
		8 - 10 km	1
		> 10 km	0
Proximidade de Áreas de Exploração Mineral Inativa	20%	0 - 2 km	5
		2 - 4 km	4
		4 - 6 km	3
		6 - 8 km	2
		8 - 10 km	1
		> 10 km	0
Proximidade de estradas e vias de acessos	20%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0

Proximidade de Unidades de Conservação - Proteção Integral e Uso Sustentável	10%	0 - 1 km	5
		1 - 2 km	4
		2 - 3 km	3
		3 - 4 km	2
		4 - 5 km	1
		> 5 km	0
Proximidade de Afloramento Geológico	10%	0 - 2 km	5
		2 - 4 km	4
		4 - 6 km	3
		6 - 8 km	2
		8 - 10 km	1
> 10 km	0		
Áreas de Preservação Permanente	10%	Presença	5
Alto Índice de Geodiversidade	5%	Presença	5

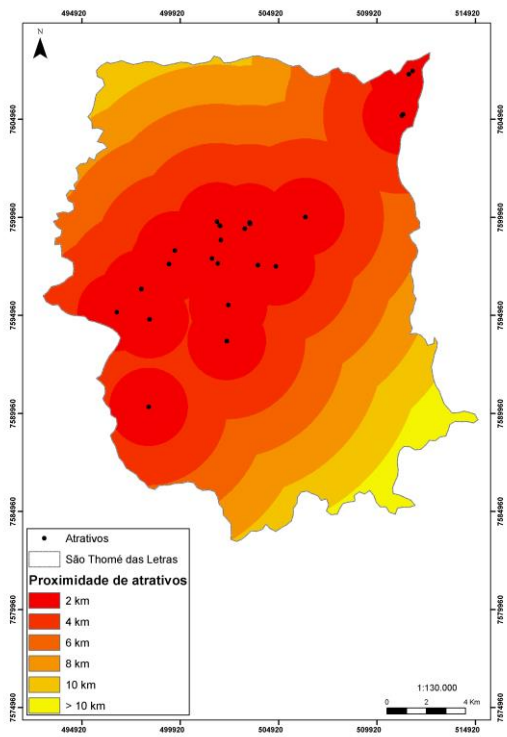


Figura 38: Proximidade de Atrativos Turísticos

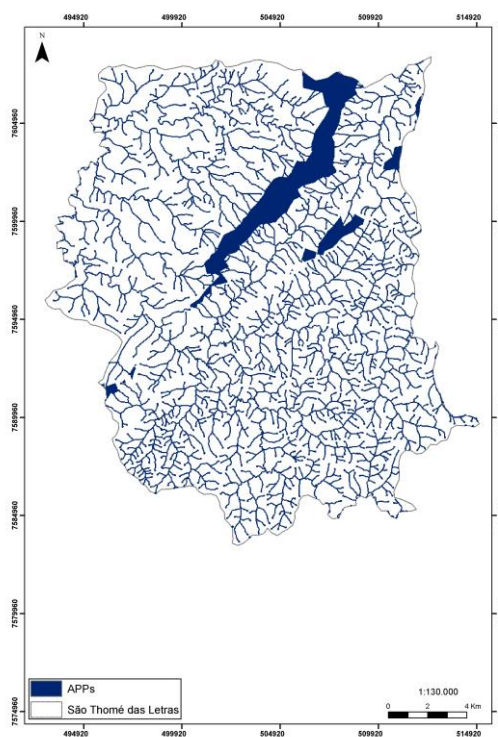


Figura 39: Presença de APPs

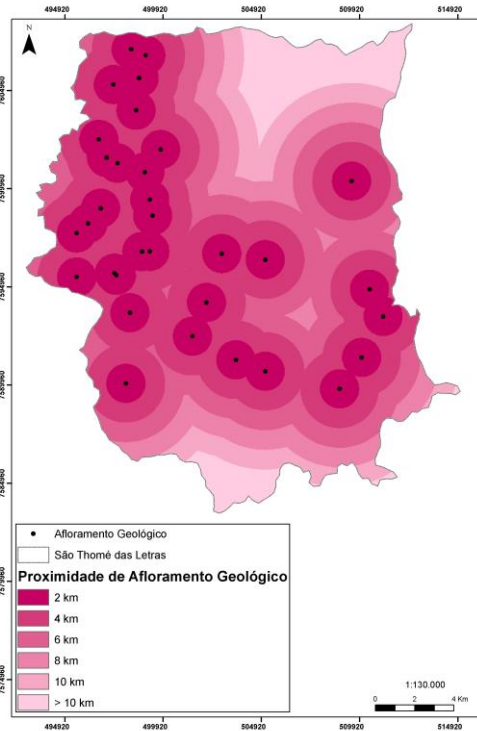


Figura 40: Proximidade de Afloramentos

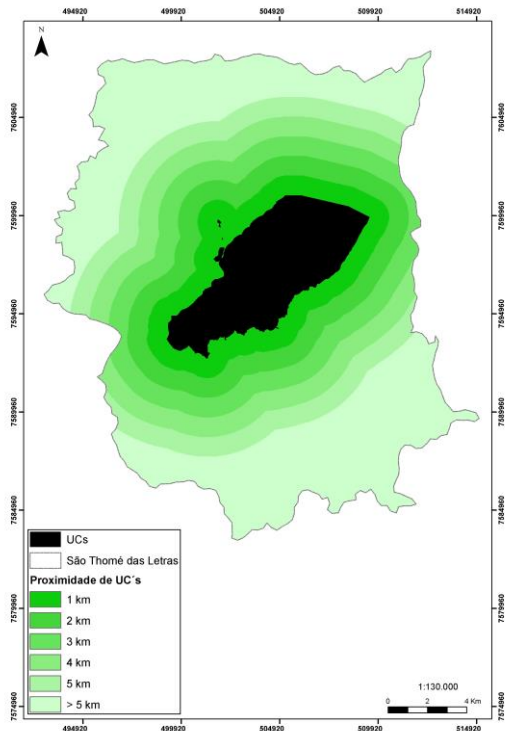


Figura 41: Proximidade de UCs

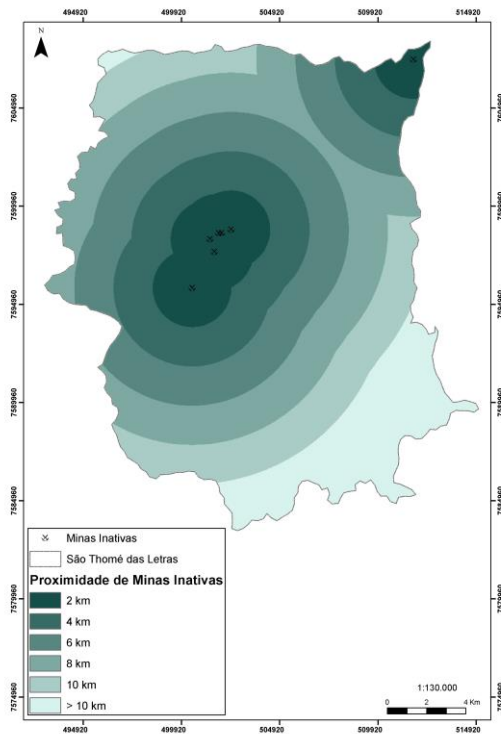


Figura 42: Proximidade de Minas Inativas

5) RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1) Índice de Geodiversidade

O Índice de Geodiversidade em São Thomé das Letras variou de alto a baixo. Conforme a Figura 43, as regiões que correspondem às áreas classificadas como de média a alta Geodiversidade estão em vermelho e laranja, e ocorrem tanto no eixo nordeste - sudoeste, quanto na porção sudeste do município.

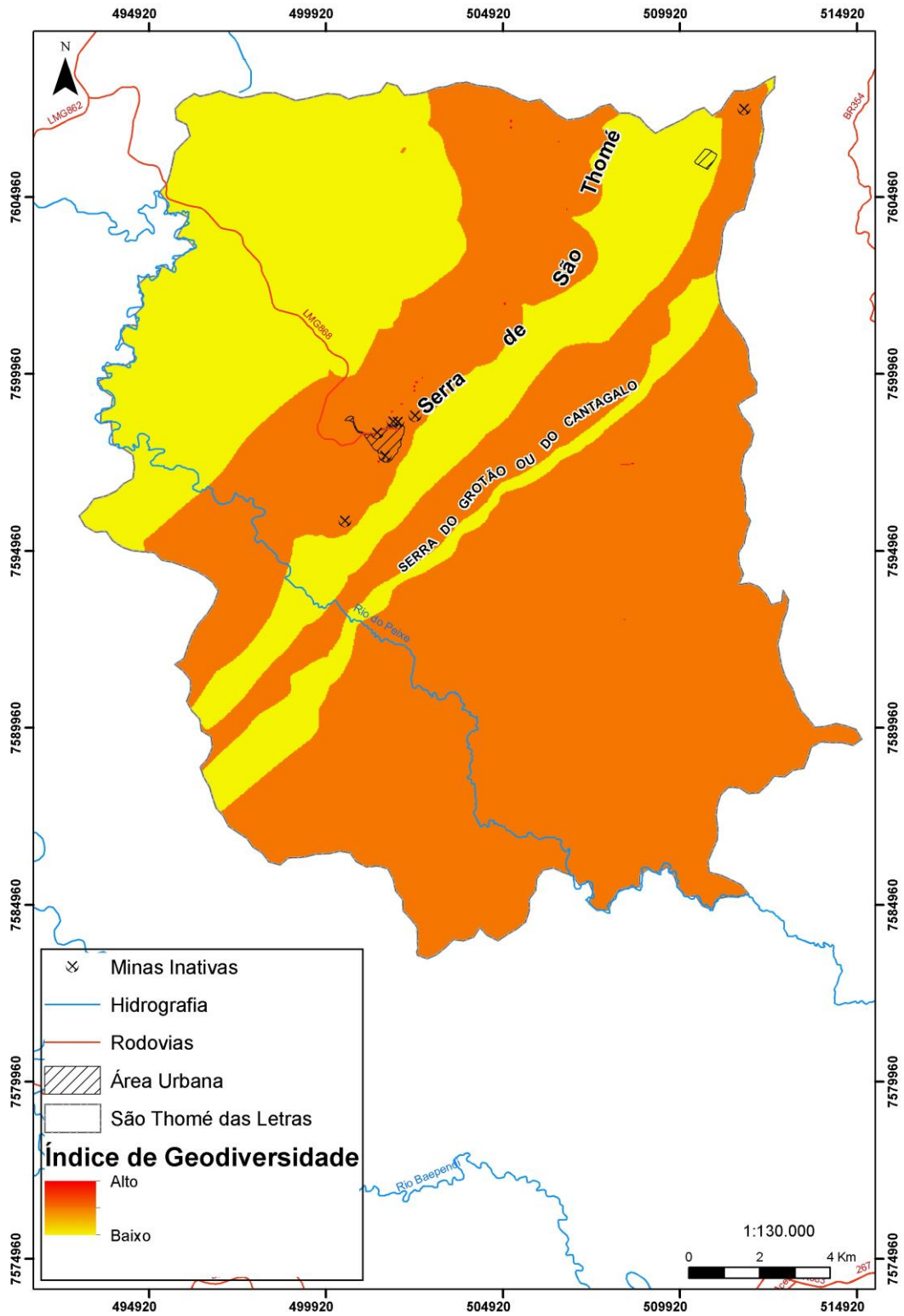


Figura 43: Índice de Geodiversidade

Esse eixo transversal apresenta significativa ocorrência de recursos minerais, em especial, o quartzito, e grande heterogeneidade de relevo, apesar de predominarem somente duas formações litológicas. Nessa área são descritas várias ocorrências de cavidades naturais subterrâneas, associadas ao rico patrimônio espeleológico da região. Cabe destacar, ainda, importantes atributos hidrológicos uma vez que nessas serras nascem diversos cursos d'água responsáveis pelo abastecimento das zonas urbanas do município, bem como das áreas rurais, onde predomina a atividade agropecuária. Além disso, as serras possuem grande valor paisagístico, simbólico e cultural. É na serra de São Thomé onde estão localizadas a Casa da Pirâmide (Figuras 44 e 45), a Pedra da Bruxa e o Cruzeiro (Figura 46), o qual se destaca com a maior altitude do município e como marco histórico da ocupação humana.



Figura 44: Placa explicativa da origem da Casa da Pirâmide



Figura 45: Vista da Casa da Pirâmide – detalhe para impacto visual de construção irregular



Figura 46: Placa indicativa de atrativo turístico importante próximo à área urbana - Cruzeiro

As áreas que apresentaram alto a médio Índice de Geodiversidade estão inseridas em, praticamente, todas as Unidades de Conservação do município oficialmente reconhecidas pelo IEF – MG até 2015, tanto de Proteção Integral, como o Parque Antônio Rosa (Figura 47 e 48) e a Reserva Biológica, quanto às restantes, de Uso Sustentável.



Figura 47: Placa indicativa do Parque Municipal Antônio Rosa



Figura 48: Vista panorâmica do alto da Gruta de São Thomé – detalhe para impacto visual (antenas de celular e construções irregulares dentro do Parque)

Na porção sudeste, os fatores que podem ter influenciado positivamente o Índice de Geodiversidade são a maior variedade litológica, de elevação e declividade, quando comparada a região noroeste de São Thomé das Letras.

5.2) Cenário de exploração mineral – pedra São Tomé

De acordo com o mapa apresentado (Figura 49) é possível observar que o município de São Thomé das Letras, apresenta uma quantidade pequena de áreas com médio e alto potencial, de forma concentrada, para a realização da atividade minerária, conforme os critérios analisados.

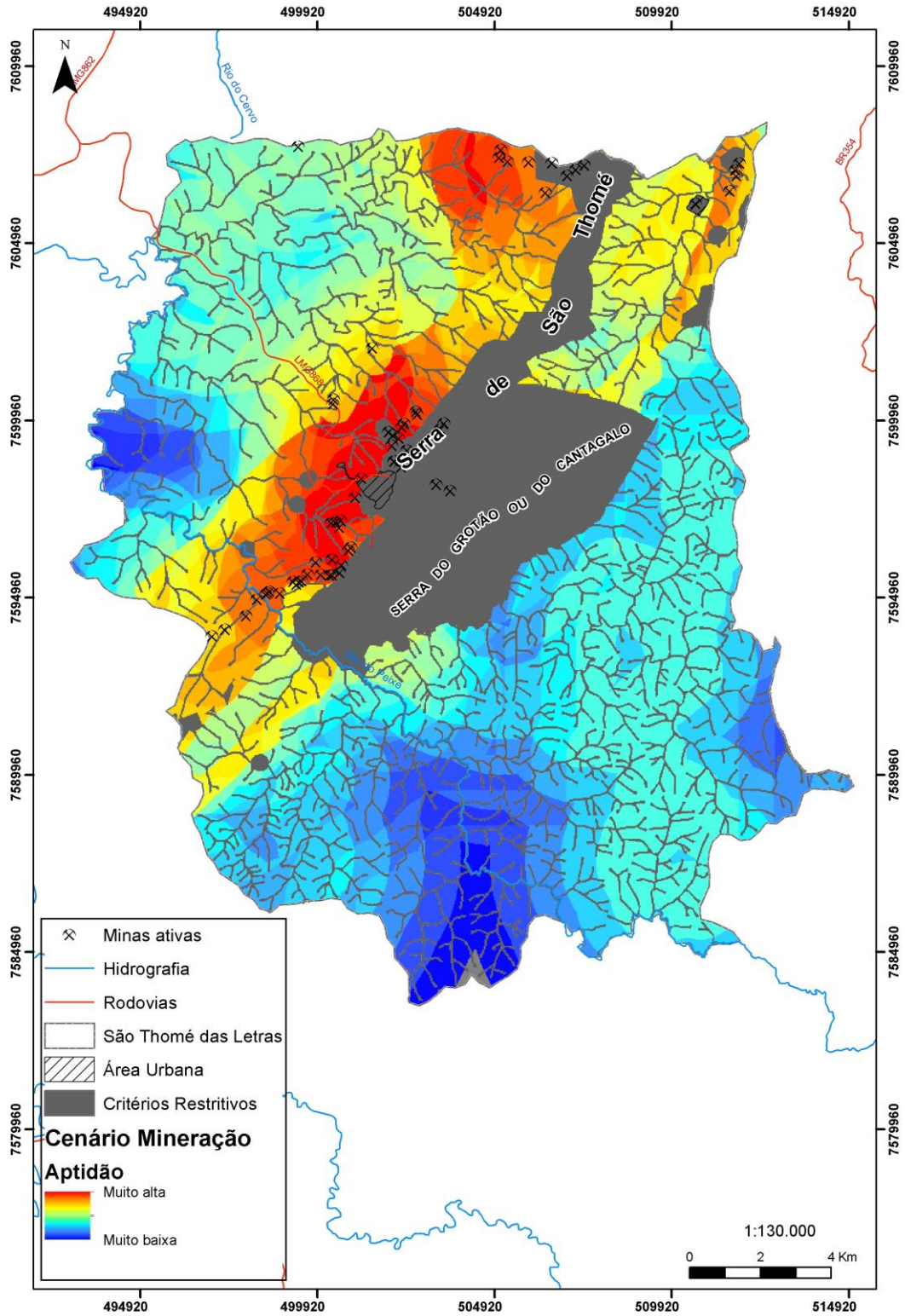


Figura 49: Potencialidade para áreas de Exploração Mineral

Por meio do cruzamento desses dados foi possível perceber que as áreas classificadas como de alta aptidão para a exploração mineral estão situadas onde ocorre o quartzito, e preferencialmente, próximo às estradas. A maior concentração de áreas com alto potencial está situada no sentido sudoeste-nordeste do município, ao longo da serra de São Thomé das Letras e do Cantagalo, correspondendo à área de ocorrência dessa rocha.

As áreas que já são utilizadas para exploração mineral coincidem com as áreas de alto potencial, o que pode ser confirmado pela localização das minerações ativas do município. A análise mostrou novas áreas próximas às minerações existentes que contém os recursos ambientais necessários para a prática da exploração mineral. Entretanto, vale destacar que posteriormente deve-se investigar a propriedade dessas áreas, ou seja, se são particulares ou públicas, bem como seu registro no DNPM.

5.3) Cenário de Geoconservação

A partir da análise do mapa (Figura 50) é possível observar que o município apresenta várias áreas de muito alta aptidão à geoconservação, principalmente, associadas às nascentes e as áreas de altas altitudes e declividades. Esses pontos estão distribuídos na linha de cumeada das duas serras tendendo a diminuir em quantidade à medida que a declividade diminui.

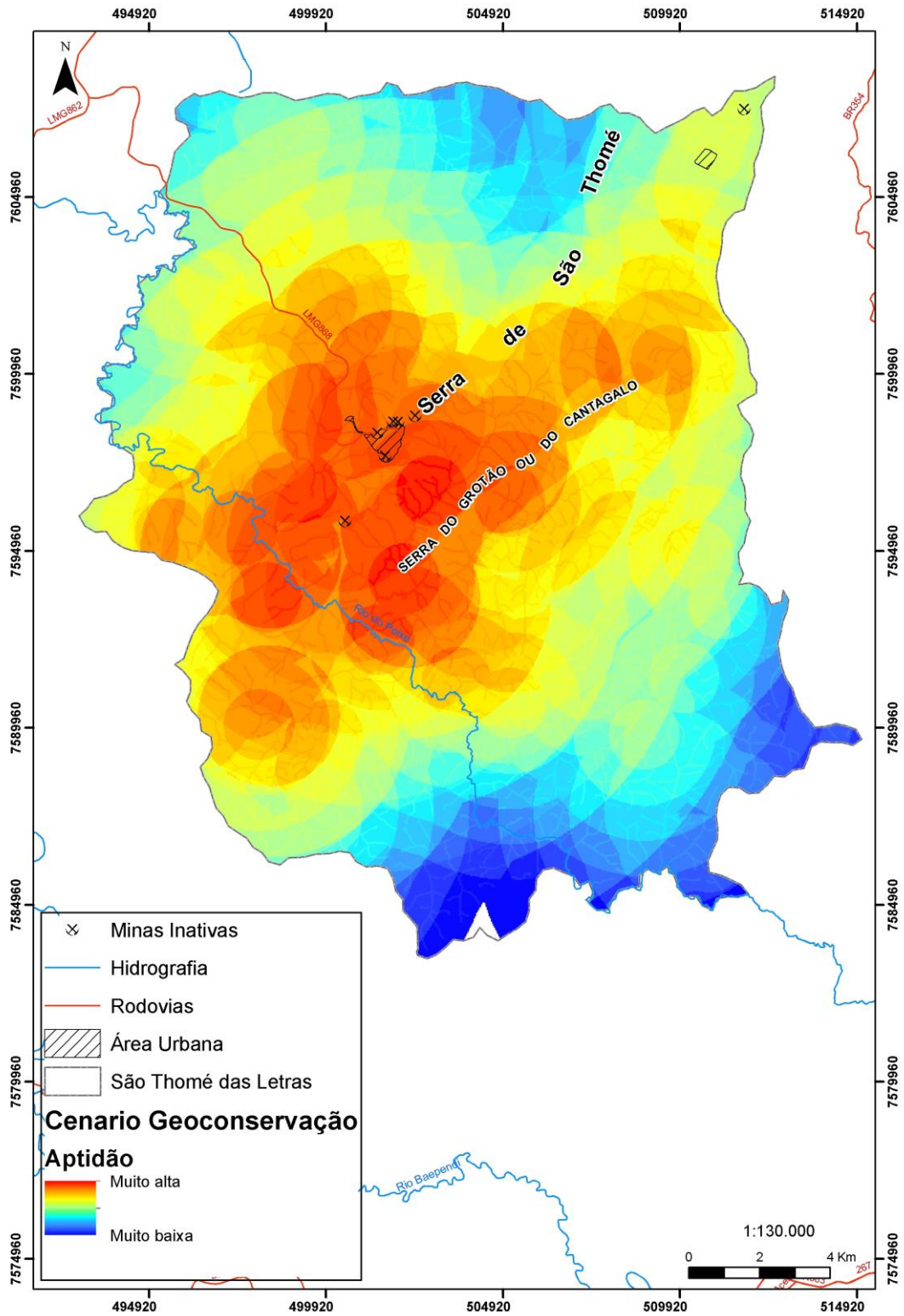


Figura 50: Potencialidade de Áreas para Geoconservação

No mapa resultante, é possível observar que as áreas de mais alta aptidão à geoconservação estão associadas à presença de atrativos turísticos, que por sua vez também apresentam forte relação com a litologia quartzítica, já que os locais mais procurados por visitantes são grutas e cachoeiras. Também foram classificadas como áreas de alta aptidão, para este propósito, aquelas próximas às UCs e APPs de topo de morro, onde ocorrem locais que também estão ligados à geodiversidade de São Thomé das Letras.

As áreas de alta e média aptidão estão próximas às minas inativas e aos afloramentos geológicos, e se espalham pela porção nordeste e noroeste de São Thomé das Letras, onde também ocorre uma densidade significativa de estradas e acessos. Os resultados corroboram com a proposta de associar iniciativas de geoconservação com a reconversão de territórios minerários em áreas onde a mineração se encontra paralisada ou foram abandonadas.

O mapa também apresenta faixas de baixa aptidão no sul e sudeste do município em estudo, onde ocorrem declividades amenas e não foram mapeadas minas inativas.

5.4) Cenário Integrado

Após a elaboração dos cenários de mineração e de geoconservação, os resultados foram combinados gerando 25 possibilidades, considerando que cada um dos cenários apresentou cinco componentes de legenda, de muito baixo a muito alto interesse. Na Tabela 5 podem ser observados os resultados dessa combinação, continuando com a lógica de análise matricial, e promovendo a identificação das áreas onde a vocação de ocupação é claramente definida, onde há combinação de interesse, assim como onde há condições específicas de vocações e interesses.

A espacialização desses dados permitiu identificar sete classes. Dentre estas, se destacam algumas em que predominam as potencialidades para mineração ou para geoconservação. Aquelas identificadas como de combinação apresentam aptidão alta a muito alta, tanto para mineração quanto para geoconservação. Já aquelas identificadas como áreas sem interesse imediato apresentam aptidão média a muito baixa para mineração, e baixa a muito baixa para geoconservação.

Tabela 5 – Valores e classes da análise combinatória das matrizes da Síntese de Aptidão para mineração e da Síntese de Aptidão para Geoconservação.

Aptidão	Mineração	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
Geoconservação	Valores	0	2	4	6	8
Muito Alto	0	0	1	2	3	4
Alto	10	5	6	7	8	9
Médio	20	10	11	12	13	14
Baixo	30	15	16	17	18	19
Muito Baixo	40	20	21	22	23	24

Combinação
Geoconservação
Geoconservação com cuidado
Geoconservação com investimento
Mineração
Sem interesse imediato
Potencial de transformação

Observam-se combinações onde existe clara definição do predomínio de aptidão para geoconservação ou do predomínio de aptidão para mineração. Em condições opostas, há áreas que são de alta a muito alta aptidão tanto para geoconservação como para mineração, ao passo que ocorrem também áreas de média a muito baixa aptidão para mineração e baixa a muito baixa aptidão para geoconservação, o que as define como sem interesse imediato. As atividades a serem desenvolvidas nessas áreas de combinação deverão ser planejadas a partir das prioridades de interesses e no âmbito político, considerando argumentos e justificativas plausíveis para quaisquer das escolhas. As áreas sem interesse imediato são indicadas para os usos necessários da ocupação territorial que, se colocados em outras posições, poderiam gerar conflitos, tais como aterros sanitários, parques industriais, usinas de reciclagem, entre outros.

As regiões onde há média aptidão para geoconservação e baixa aptidão para mineração são definidas como aptas às iniciativas de geoconservação, mas necessitam de investimentos para recuperação e/ou reconversão, em casos de áreas de antigas minas ou de valorização do patrimônio geológico com propósitos turísticos e educativos. Aquelas onde existe muito alta aptidão para geoconservação e média aptidão minerária, são definidas como de interesse para geoconservação, mas serão

necessários cuidados de fiscalização e manutenção, já que existe uma pressão considerando a aptidão para mineração.

Nas condições de combinações de médias aptidões tanto para geoconservação, quanto para mineração, se encontram as regiões classificadas como de transição ou de potencial de transformação. Estas são extremamente relevantes para o planejamento territorial, uma vez que, ao serem propostas ações de transformação, não geram conflitos a princípio, além de potencializar a irradiação de resultados. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 51.

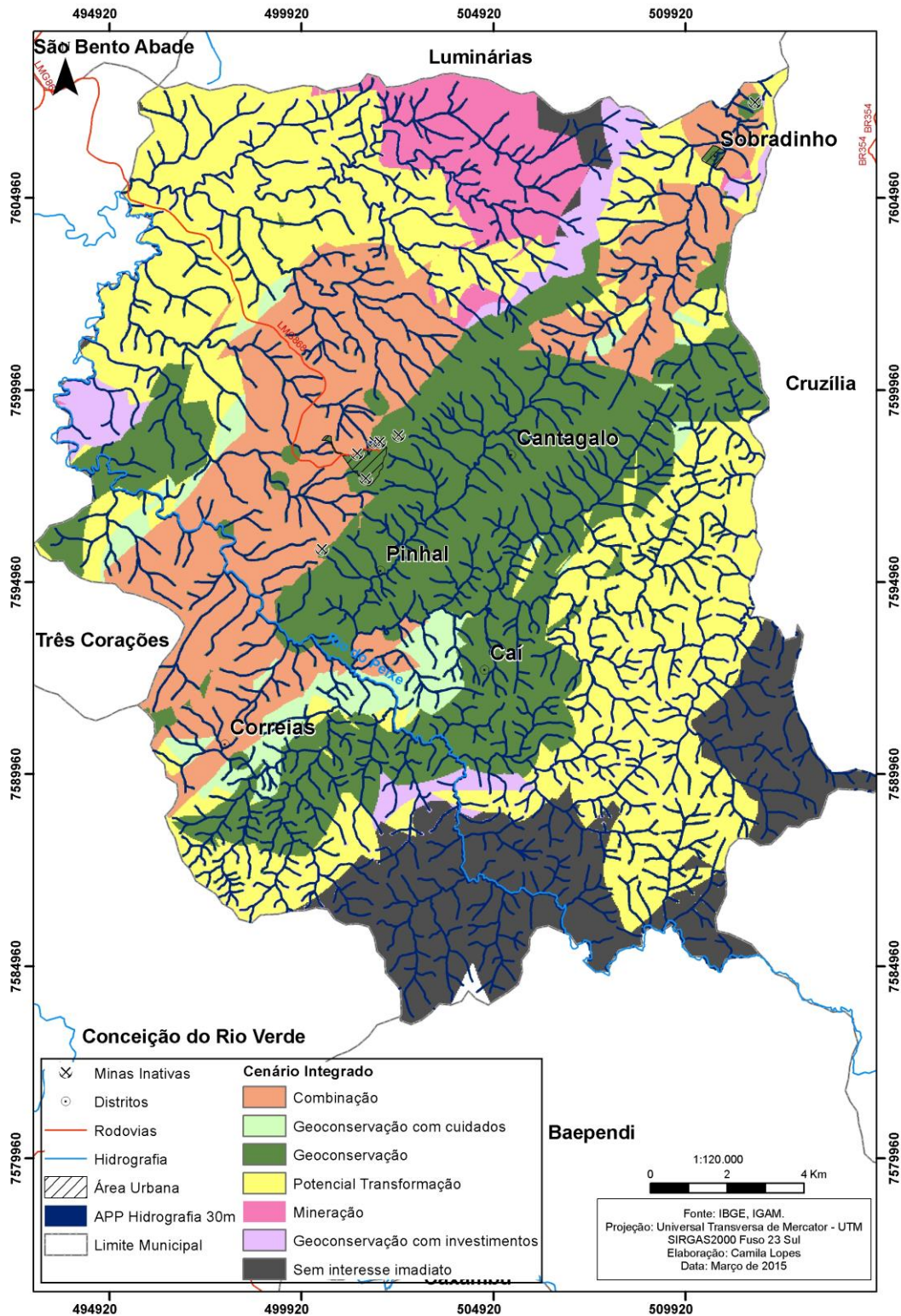


Figura 51: Cenário Integrado

6) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se utilizar a abordagem multicriterial, a partir de análise combinatória, para o planejamento territorial pautado tanto na exploração mineral quanto na geoconservação, buscando indicar espaços territoriais com as maiores aptidões para cada um destes usos.

Por meio dos estudos elaborados para o mapeamento de uso e ocupação do solo, constatou-se que maior parte da área já apresenta usos bem definidos, sendo que até as regiões de APP's e UC's são exploradas para atividades complementares da população.

Os mapas obtidos são resultado das variáveis selecionadas e da ponderação realizada pelos pesquisadores, além de informações coletadas durante as pesquisas de campo. Como as variáveis utilizadas foram elaboradas com o intuito de indicar, no primeiro momento, áreas para os usos propostos é possível que, para uma análise mais completa das fragilidades e potencialidades, seja necessário a utilização de outras variáveis. Entretanto, por meio desse modelo, foi possível identificar e espacializar áreas de extrema importância para a conservação de elementos da geodiversidade, que é um dos principais objetivos deste estudo. No segundo momento, os fatores "mineração" e "geoconservação" foram ponderados com o mesmo peso, para que nenhuma das potencialidades fosse valorizada. Esses resultados podem ser a base para se pensar a reconversão desse território mineiro.

Os mapas de potencialidade de áreas para mineração e geoconservação apresentaram resultado satisfatório diante da realidade do município, já o mapa do Índice de Geodiversidade pode ser aprimorado com a utilização de mais variáveis como, por exemplo, o mapa de solo, ainda não disponível em escala adequada para a área de estudo.

Em relação aos critérios selecionados, a disponibilidade de dados detalhados e confiáveis disponíveis é um fator de extrema importância. Nesse sentido, é mais que necessário o esforço para a realização de pesquisas e levantamentos cartográficos, tanto nessa região, como em todo o país, para direcionar melhor as políticas públicas.

Além disso, existe uma carência de estudos, no Brasil, quanto a temática da Geoconservação e Patrimônio Geológico, e sua convivência sustentável com atividades de mineração. Ainda nessa temática, são necessários mais estudos quanto a importância de se reconhecer e valorizar os elementos da geodiversidade, tanto

quanto da Biodiversidade. Nesse sentido, dentre as várias possibilidades de pesquisas que a complexidade da área demanda, torna-se iminente, e desafiador, que a políticas públicas busquem modelos alternativos de desenvolvimento, integrados à conservação ambiental, que consigam valorizar as características culturais das comunidades locais.

A pesquisa mostrou que, em São Thomé das Letras, a maior concentração áreas potenciais para Geoconservação coincide com as de mineração do município. Neste sentido, o resultado da análise pode subsidiar o ordenamento territorial e o planejamento municipal, favorecendo não só pesquisadores e turistas, mas a sociedade em geral. Espera-se que este estudo seja norteador para a criação de políticas públicas e para novas pesquisas enfatizando esta temática e possa contribuir para uma futura reconversão desse território.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, S. M. de L. Uso futuro de áreas mineradas e o meio urbano [manuscrito]: o caso de Águas Claras - 2012. 173f.

BENITO-CALVO, A., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., MAGRI, O. & MEZZA, P. 2009. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34:1433 – 1445.

BONHAM-CARTER, G. F. Geographic information systems for geoscientists, modeling with GIS. Ontario: Pergamon, 1994. 398p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral, Brasília: DNPM, 2012. 136 p.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (ED) Banco de dados geográficos. Curitiba: MundoGEO, 2005. 506p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/capitulos.html>. Acesso em: agosto/2014.

CAMPELLO, M.S. 2006. Técnicas de processamento digital de imagens com aplicação no setor das rochas ornamentais. Tese de doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 165p.

COSTA, A. G.; CALIXTO, C.; SILVA, M. E.; BECERRA, J. Rochas ornamentais e de revestimento: estudos a partir do patrimônio construído e de projetos arquitetônicos recentes. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4, 2003, Fortaleza. Anais sessões técnicas. Fortaleza: CETEM, 2003. p. 173-179.

DESCHAMPS, E. Controle Ambiental na Mineração de Quartzito – Pedra São Tomé. 1. ed. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente. v. 1. 201 p. 2002.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Geodiversidade do Brasil - Sobre a Construção das Geociências, Brasília: 2005.

DOMINGUEZ, J. M. L.. Atlas Geoambiental e de Processos Erosivos da Zona Costeira do Estado da Bahia. Salvador: UFBA/ Superint. Geologia e Recursos Minerais do Gov. da Bahia, 2006.

ESCOLA DE ARQUITETURA DA UFMG. “Pedra São Thomé: valoração regional por meio da revitalização da paisagem e da identidade cultural”. Relatório final do Projeto de pesquisa financiado pela FAPEMIG. Belo Horizonte: EAUFMG, 2010.

FERNANDES, T. M. G; GODOY, A. M.; FERNANDES, N. H. Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). *Geociências*, v. 22, n. 2, p. 129-141, 2003. Disponível para download em: http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/22_2/3.pdf.

FLEISCHER, D. I. R. São Tomé das Letras e Lagoa Santa: mineração, turismo e risco ao patrimônio histórico e natural. *Cadernos de Campo*, São Paulo, n. 14/15, p. 21-39, 2006.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação / B615 / Gláucia Moreira Drummond [et al.]. 2. ed. - Belo Horizonte. 2005. 222 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Plano de ação para a sustentabilidade do setor de rochas ornamentais – quartzito; São Thomé das Letras Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2009. 143 p.; il. Projeto Associado 4174 - Relatório Final.

GEOMIL – SERVIÇOS DE MINERAÇÃO LTDA. 2000. Relatório dos Resultados de Testes de Desmonte de Quartzito nas Minerações Situadas no Município de São Thomé das Letras – Subprojeto 5 “Estudo de aproveitamento econômico de rejeitos oriundos da extração de pedra São Tomé”, p. 23.

GESICKI, A. L. D.; SANTUCCI, R. M. Mineração e Geoconservação: O Sítio paleontológico de Santa Rosa de Viterbo, SP. Rev. Inst. Geol., São Paulo, v. 32, n. 1-2, 2011.

GONÇALVES, R. W.; PINHEIRO, P. R.; FREITAS, M. A. S. Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu - Estado do Ceará. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba: ABRH, 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20100310180445_M_E9todos_20multicrit_E9rios.pdf>. Acesso em: dezembro/2014

GRAY, M. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. Chichester, UK: Wiley. 434p. 2004.

GRIGIO, A. M., EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO BAIXO CURSO DO RIO PIRANHAS-ASSU (1988-2004): USO DE AUTÔMATOS CELULARES EM MODELO DINÂMICO ESPACIAL PARA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS. 2008. 217 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

GUTIÉRREZ-MARCO, J.C.; SÁ, A. A.; BELLIDO, D. C.; RÁBANO, I; VALÉRIO, M. 2009. Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*, 37(5): 443-446.

HACKSPACHER P. C., SAADI A. R. & HADLER N J. C. 2006. O registro do limite Cretáceo Superior-Paleógeno em rochas Pré-Cambrianas da região sudeste do Brasil com base em datação por traços de fissão em apatitas. In: SBG, Simp.Cretáceo do Brasil, 7, Simp. Terciário do Brasil, 1, Boletim de Resumos, p. 65.

HACKSPACHER, P. C., GODOY, D. F.; RIBEIRO, L. F. B.; HADLER NETO, J. C.; FRANCO, A. O. B. Modelagem Térmica e Geomorfologia da borda sul do Cráton de São Francisco: Termocronologia por traços de fissão em apatita. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, p. 76-8/6, 2007.

HOSE, T. A. European Geotourism: geological interpretation and geoconservation promotion for tourist. Ed. Geological Heritage: Its Conservation and Management, Sociedad Geologica de España/ Instituto Tecnológico GeoMinero de España/ ProGeo, Madri, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Uso da Terra, escala 1:750.000, 2004b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em novembro de 2005.

INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG. Bergbau folge landschaft = Postmining landscape. Ed Jovis Verlag, Berlin, 2010a.

INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG. Neue landschaft Lausitz = New landscape Lusatia. Berlin: Jovis Verlag, Berlin, 2010b.

INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG. Disponível em <www.iba-see.2010.de>. Acesso em maio de 2014.

LANA, C. E.; CASTRO, P. de T. A. The influence of the geodiversity of Cabral Range region (northern Minas Gerais) on the Gameleira Stream morphologic variability. Rev. bras. geociênc., São Paulo, v. 41, n. 4, dez. 2011. Disponível em <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-75362011000400006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 19 maio 2014.

LIMA, F. F. Proposta metodológica para a inventariação do patrimônio geológico brasileiro. 2008. 103f. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação. Escola de Ciências). Universidade do Minho. Portugal, 2008.

MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: considerações sobre quantificação e avaliação da distribuição espacial. Anu. Inst. Geociências, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, jun. 2012. Disponível em <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-97592012000100009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em maio 2014. http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_90_100.

MARQUES NETO, R. Compartimentação do Meio Físico, evolução morfológica e aspectos morfotectônicos em São Thomé das Letras (MG). Dissertação. Universidade Estadual Paulista, 229 p. 2007.

MELO, M. T. V. Trabalho de Mapeamento Geológico Mineração Baependi Ltda. São Tomé das Letras, 1991.

COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental (Minas Gerais), Deliberação Normativa nº 127, de 27 de novembro de 2008. Estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação ambiental da fase de fechamento de mina. Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 29/11/2008.

MOCHIUTTI, N. F.; GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S. de. Geodiversity values of the Pirai da Serra region, Paraná State. Geociênc. (São Paulo), São Paulo, v. 30, n. 4, 2011. Disponível em <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822011000400012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 19 maio 2014.

MOREIRA, F. R.; CÂMARA, G; ALMEIDA FILHO, R. Técnicas de Suporte a Decisão para Modelagem Geográfica por Álgebra de Mapas - Relatório Técnico - Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas Ação "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental": Maio – 2001.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento aplicado ao Planejamento Urbano e à Gestão do Patrimônio Histórico de Ouro Preto - MG. Rio de Janeiro: IGEO-UFRJ, 2002, 482p. Tese. (Doutorado em Geografia).

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 21-23 abril 2007, INPE, p. 2899-2906.

MOURA, A. C. M. Simulação de intervenção na paisagem para a Mina do Pico, Mineração de ferro a céu aberto – Itabirito – Brasil. Buenos Aires, XI CONFERENCIA IBEROAMERICANA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (XI CONFIBSIG), maio, 2007. 15 p. – Ano 2007a.

MOURA, A. C. M., FREIRE, G. J. M., OLIVEIRA, R. H., SANTANA, S. A., VOLL, V. L., PEREIRA, M. F., SOARES, A. M. E. Geoprocessamento no apoio a políticas do Programa Vila Viva em Belo Horizonte - MG: Intervenções em assentamentos urbanos precários. In: XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2007b.

MOURA, A. C. M.; MAGALHÃES, D. M.; PARIZZI, M. G. Vocações e Conflitos de Interesse na Ocupação do Território da Região Metropolitana de Belo Horizonte Apoio ao Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado PDDI. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 0690-0697.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUSCHKYS, U. A., MANTESSO-NETO, V. Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: Trinômio Importante para a Proteção do Patrimônio Geológico. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 86 p. 2008.

NIETO, L. M. Patrimonio Geológico, Cultura y Turismo. Boletín del Instituto de Estudios Ginnenses, n. 182, p. 109-122. 2001.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

NIMER, E. & BRANDÃO, A. M. P. M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 166 pp.

PEREIRA, E. O. , AZEVEDO, U. R. de, ONDICOL, R. P. MODELAGEM DA GEODIVERSIDADE NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG. Revista Geonomos, 21, dez. 2013.

PEREIRA, P. J. da S. Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Nacional de Montesinho. 2006, 395f. Tese. (Doutorado em Ciências – Geologia). Universidade do Minho. Portugal, 2006.

PEREIRA, R.G.F. de A. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). 2010. 317f. Tese de Doutorado em Ciências - Geologia. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

RAMOS, R. A. R. (2000), Localização Industrial: Um Modelo para o Noroeste de Portugal. Tese de Doutorado. Braga: Universidade do Minho.

RIBEIRO, A. E. ; HEILBRON, M. Estratigrafia e Metamorfismo dos Grupos Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro Geológico, 32, Salvador, Anais, v. 1 pp.177-186, 1982.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil. Hucitec: São Paulo, 1979.

RUSCHKYS, U. A. Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Tese de Doutorado, 211p. 2007.

RUSS, B. R. Avaliação do Potencial do Uso Educacional da Gleba Manga do Céu. Feira de Santana, Bahia, 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente). Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

SANCHEZ RIAL, J. E. ; FERRERA CENTENO, J. P. Modelado de datos para modelar el diagnóstico. I Seminário Internacional de Reconversão de Territórios. 2012.

Serrano, E. & Ruiz-Flaño, E. C. 2007. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiernes Caracena (Soria). Boletín de la A.G.E. 45:79-98.

SHARPLES, C. A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes. Tasmania: Forestry Commission, 1993, 31p.

SHARPLES, C. Concepts and principles of geoconservation. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service web site. 3. ed. Set, 2002.

SILVA, J. R. ; MOURA, A. C. M. Conformidades e conflitos ambientais no município de Ouro Preto como apoio à gestão e planejamento municipal. 2012. 241 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/MPBB-935KEW>>. Acesso em: 27 dez. 2012.

SILVA, N. L. Mapeamento e análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras – Belo Horizonte, 2014. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2014.

SOUZA, G. G. ; SANTOS, M. R. C. dos ; COSTA, A. G. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Quartzitos de São Tomé das Letras: enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental. 129 p., 1999.

TROW, R. A J. ; RIBEIRO, A. ; PACIULLO, F. V. P. ; HEILBRON, M. Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia interpretados como continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais..., vol.2, p. 3227-3240. 1984.

VELOSO, H. P. ; RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 1991.123p.

VILAS BOAS, C. L. Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do ribeirão João Leite. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Brasília: UNB, 2006. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/vilas_boas.pdf>. Acesso em: agosto 2014.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Xavier da Silva, 2001. 228 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. ; CARVALHO FILHO, L. M. Índice de geodiversidade da Restinga da Marambaia (RJ), um exemplo do geoprocessamento aplicado a geografia física. Revista de Geografia, v. 17, n. 1, p. 57-64, 2001.

XAVIER-DA-SILVA, J. ; PERSSON, V. G. ; LORINI, M. L. ; IERVOLINO, P. ; RIBEIRO, M. F. ; ABDO, O. E. ; COSTA, A. J. S. T. ; BERGAMO, R. B. A. . Índices de Geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de Biodiversidade. In: Irene Garay; Braulio Dias. (Org.). Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2001, v. 1, p. 01-430.

ZOLINI, G. P. de P. A inflexão do conceito gentrificação em conjuntos urbanos patrimoniais em cidades de pequeno porte: os casos mineiros de São Thomé das Letras e Tiradentes. 2007. 181 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/RAAO-7BQPVN/1/a_inflexao_do_conceito.pdf>

ZYNGIER, C. M. ; MOURA, A. C. M. Paisagens possíveis: geoprocessamento na análise da ação de agentes modeladores das paisagens urbanas dos Bairros Santa Lúcia e Vale do Sereno. 2012. 296 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-8YQNNJ>>.